Über die regulatorische Aufnahme anorganischer Stoffe durch die Wurzeln von Beta vulgaris und Daucus Carota.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

UNIVERSITÄT LEIPZIG

VORGELEGT VON

REINHARD MEURER

AUS DRESDEN.

Leipzig

Gebrüder Borntraeger

1909

Über die regulatorische Aufnahme anorganischer Stoffe durch die Wurzeln von Beta vulgaris und Daucus Carota.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

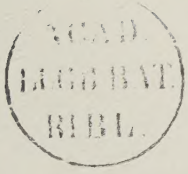
ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

UNIVERSITÄT LEIPZIG



VORGELEGT VON

REINHARD MEURER

AUS DRESDEN.

Leipzig

Gebrüder Borntraeger

1909

Angenommen von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Sektion auf Grund der Gutachten der Herren Pfeffer und Chun.

Leipzig, den 12. November 1908.

Der Procancellar.
Köster.

Sonderabdruck aus den Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik, Bd. XLVI, Heft 4.

Seiner lieben Mutter

in Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546804_0125

I. Einleitung.

Den Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen bildet das Verhalten lebender Pflanzenzellen gegen die Ionen anorganischer Salze, die in Lösungen dargeboten werden. Die Tatsache, daß die Pflanze für ihre Entwicklung anorganische Salze braucht, beweist von vornherein, daß den Pflanzenzellen unter gewissen Umständen eine Permeabilität für die fraglichen Ionen zukommen muß. Jedoch hat die lange Zeit hauptsächlich gebräuchliche Methode zur Feststellung des Eindringens gelöster Stoffe in die Pflanzenzelle, die Plasmolyse, in den meisten Fällen scheinbar negative Resultate gegeben, wenn man sie zur Prüfung der Durchlässigkeit anorganischer Salze benützte. Bei diesem Verfahren wird bekanntlich eine Zelle plasmolysiert und längere Zeit hindurch der plasmolysierenden Flüssigkeit ausgesetzt. Dringt der gelöste Stoff ungehindert bis zur Erreichung des physikalischen Gleichgewichtes in die Pflanzenzelle ein, so geht die Plasmolyse zurück; ist dies nicht der Fall, so ist dies ein Zeichen dafür, daß eine Permeabilität nicht besteht. Dieses Verfahren hat für eine gewisse Reihe von Stoffen rasches Eintreten in die Zelle erkennen lassen; aber gerade für viele als Nährstoffe wichtige Körper läßt sich auf diesem Wege keine Permeabilität der Pflanzenzelle nachweisen, z. B. für die meisten anorganischen Salze. Der scheinbare Widerspruch, der hierin liegt, wurde zum Teil auf dem Wege quantitativer Versuche von Nathansohn[1]) aufgeklärt

1) A. Nathansohn, Über Regulationserscheinungen im Stoffaustausch. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXVIII, S. 242. — Derselbe, Über die Regulation der Aufnahme anorganischer Salze durch die Knollen von *Dahlia*. A. a. O., Bd. XXXIX, S. 609. — Derselbe, Weitere Mitteilungen über die Regulation der Stoffaufnahme. A. a. O.,

und zwar durch Konstatierung der Tatsache, daß die Pflanzenzellen imstande sind, gewisse Mengen anorganischer Ionen aufzunehmen, daß sie aber andererseits diese Prozesse zu unterbrechen vermögen, wenn ein bestimmtes Verhältnis zwischen der Außenkonzentration und der Innenkonzentration erreicht ist, was sowohl von der Natur der Ionen als auch von der Salzkonzentration abhängig ist. An diese Untersuchungen schließen sich die meinigen an. Sie bezwecken eine weitere Aufklärung der in Rede stehenden Verhältnisse.

II. Methodisches.

Um die verschiedene Permeabilität der Zellen und ihr Verhalten gegen Kationen und Anionen anorganischer Salze zu studieren, bediente ich mich zweier Objekte, und zwar der Wurzeln der roten Varietät von *Beta vulgaris* und der Wurzeln von *Daucus Carota*, bei welchen beiden auch im Anschluß an die Permeabilitätsfrage die Austauschfrage zu berücksichtigen war.

Die genannte Form von *Beta* ist ein sehr gutes Objekt, da sie den roten Farbstoff des Zellsaftes aus den lebenden Zellen nicht austreten läßt, bei der geringsten Schädigung des Objektes aber nimmt die Außenlösung eine rötliche Färbung an. Dieser Farbstoff ist damit geradezu als Indikator zu gebrauchen, indem er ein beginnendes Absterben der Zellen anzeigt, was bei meinen Versuchen von großem Werte war. Auch hat die rote Rübe mit *Daucus Carota* die Eigenschaft gemein, daß sie sehr dünnwandige Zellhäute und äußerst wenig und kleine Interzellularräume besitzt. Über eine andere günstige Eigenschaft der beiden Objekte, nämlich über ihr Verhalten gegen destilliertes Wasser, werde ich später ausführlich berichten.

Bei der Versuchsanstellung verfuhr ich in folgender Weise. Beide Objekte wurden sorgfältig gewaschen und die äußerste periphere Schicht abgeschnitten. Hierauf zerlegte ich die Objekte in zirka 3 mm starke, runde Scheiben und teilte, wenn nötig, dieselben nochmals, sodaß ich zu meinen Versuchen Stücke von möglichst gleicher Größe und Stärke erhielt. Die auf diese Weise erhaltenen Scheiben wurden so lange gewaschen, bis das ablaufende Wasser

Bd. XL, S. 411. — Die Arbeit von Ruhland (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XLVI, Heft 1) erschien nach Abschluß und Abgabe dieses Manuskripts und konnte demgemäß nicht berücksichtigt werden.

weder Färbung noch Trübung erkennen ließ, und dann abtropfen lassen. Von diesem Material diente alsdann eine bestimmte, gewogene Menge zum Versuch. Das Zerlegen der Objekte geschah mit scharfen Rasiermessern, um recht glatte Schnittflächen zu bekommen und so wenig Zellen wie möglich zu verletzen.

Die zu den Lösungen verwendeten Salze.

Bei der Auswahl der anorganischen Salze mußte ich darauf Rücksicht nehmen, eine eventuelle Toxizität für mein Material auszuschließen. Ich konnte also nur solche Salze in Anwendung bringen, die keinen schädlichen Einfluß auf die Versuchsobjekte ausübten. Folgende anorganische Substanzen wurden benutzt:

KNO_3	$NaNO_3$	NH_4NO_3	$Ca(NO_3)_2$	$Mg(NO_3)_2$
KCl	$NaCl$	NH_4Cl	$CaCl_2$	$MgCl_2$
K_2SO_4	Na_2SO_4	$(NH_4)_2SO_4$		$Al_2(SO_4)_3$
	$Na_2S_2O_3$	$(NH_4)_2HPO_4$		

Die Konzentration der Lösungen variierte von 0,05 bis 2 %.

Ausführung der Versuche.

Als Versuchsgefäße dienten mir große Glaszylinder mit eingeschliffenem Stopfen, in welchen ein Teil des anzuwendenden Materials mit zwei Teilen der Lösung gemischt wurden. Diese Glaszylinder wurden im Eisschrank bei einer Temperatur von 5° C. gehalten und täglich vorsichtig einige Male umgedreht, um Konzentrationsdifferenzen in der Flüssigkeit auszugleichen. Bei 5° C. hielten sich die Objekte sehr gut, und ich konnte während der Dauer der Versuche keine Schädigung beobachten. Wurden sie hingegen bei Zimmertemperatur gehalten, so nahmen die Lösungen schon am zweiten Tage eine schwach rötliche Färbung an[1]). Die Zeitdauer der Versuche schwankte zwischen zwei und sechs Tagen. Zunächst stellte ich eine Lösung derjenigen anorganischen Salze dar, mit denen der Versuch durchgeführt werden sollte, analysierte dieselbe genau auf ihren Gehalt an Anion und Kation, brachte dann die Objekte in die untersuchte Salzlösung und beobachtete nun die Veränderungen der Lösung durch Analyse derselben am 2., 4. und 6. Tage. Jede der Bestimmungen wurde zweimal durchgeführt und so ein Mittelwert gewonnen. Auf diesem Wege läßt sich die Stoff-

1) W. Wächter, Über den Austritt von Zucker usw. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XLI, 1905, S. 168.

aufnahme leichter verfolgen als durch Analyse der Objekte, was ohne weitgehende chemische Untersuchungen nicht gelungen wäre, zumal da bei letzteren die Versuchsfehler noch größer ausgefallen wären, als bei meinen verhältnismäßig einfachen Differenzbestimmungen. Diese Methode hat außerdem den Vorteil, daß eine eventuelle Injektion der Interzellularräume des Objektes ohne Einfluß auf das Ergebnis der Bestimmungen bleibt. Denn dadurch, daß die Lufträume sich mit der Außenlösung anfüllen, wird deren Konzentration in keiner Weise beeinflußt. Zur Bestimmung der Kationen und Anionen auf quantitativem Wege benutzte ich die besten Methoden; über den Gang der Analysen verweise ich auf den Anhang.

Es war zuerst notwendig, das Verhalten von *Beta vulgaris* und *Daucus Carota* gegen destilliertes Wasser zu prüfen, um festzustellen, welche Stoffe anorganischer und organischer Natur aus den lebenden Zellen der Objekte austreten. Denn ich mußte mich darüber orientieren, in welchen Mengenverhältnissen diese Stoffe an das destillierte Wasser abgegeben werden, ein Umstand, der für die Auswahl der Salze wie für die Anordnung meiner chemischen Analyse, sowie für die Frage nach dem Austausch des Ionen von Wichtigheit war.

Die folgenden Zahlen geben Aufschluß über die Mengen von anorganischen und organischen Körpern, welche exosmieren.

1. 375 g *Beta* in 750 ccm destilliertes Wasser.
Temperatur $5^1/_2{}^0$ C. Versuchszeit 4 Tage.
Angesetzt 24. XI.
Analysiert 28. XI.

Es wurden in der Aussenflüssigkeit erhalten und zwar in 100 ccm:

Trockensubstanz	0,0683 g
Aschensubstanz	0,0268 g
Al_2O_3	0,0003 g
CaO	0,0021 g
MgO	0,0013 g
Alkalien	0,0202 g

(als Sulfate bestimmt).

Die qualitative Untersuchung auf Anionen ergab:
Reaktion neutral. Flüssigkeit klar.

NO_3' schwache Reaktion,
Cl' Spur,
PO_4''' 0,
SO_4'' ganz geringe Spuren,
Oxalsäure 0.

2. 375 g *Daucus* mit 750 ccm destilliertem Wasser.

Temperatur $5^1/_2{}^0$ C. Versuchszeit 4 Tage.

	Anges. 24. XI. Analys. 28. XI.	Anges. 26. VI. Analys. 1. VII.
	Herbst	Sommer
Die Außenflüssigkeit enthielt in 100 ccm Wasser:		
Trockensubstanz	0,0666 g	0,0460 g
Aschensubstanz	0,0134 g	0,0178 g
Al_2O_3	0,0008 g	0,00036 g
CaO	0,0015 g	0,0004 g
MgO	0,0004 g	0,0004 g
Alkalien . . . . . (als Sulfate bestimmt).	0,0097 g	0,0181 g
Die qualitative Untersuchung auf Anionen ergab:		
Reaktion	neutral	neutral
Flüssigkeit	klar	klar
NO_3'	ganz geringe Spur	geringe Spur
Cl'	ganz geringe Spur	Spur
PO_4'''	ganz geringe Spur	ganz geringe Spur
SO_4''	geringe Spur	geringe Spur
Oxalsäure	0	0

Die Analysen lassen erkennen, daß nur geringe Spuren von Anionen und Kationen austreten, also nur geringfüge Exosmose anorganischer Substanz stattfindet; etwas mehr hingegen exosmieren organische Körper, wie Zucker usw. Denn wie aus den oben angeführten Zahlen hervorgeht, enthält die Trockensubstanz der ausgetretenen Stoffe bei *Beta* 39 %, bei *Daucus* 20 % Asche.

Der Sommerversuch mit *Daucus Carota* läßt etwas mehr Exosmose anorganischer Salze erkennen, aber auch hier ergeben sich nur sehr kleine Mengen. Den Sommerversuch mit *Beta* konnte ich wegen Mangel an gutem Material nicht ausführen.

Es hat sich also bei diesen Untersuchungen an *Beta* und *Daucus* gezeigt, daß Anionen wie Oxalsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure gar nicht oder nur in äußerst geringen Spuren in das destillierte Wasser übertraten, daß ich also Ca-, Mg- und Al-Salze zu den Aufnahmeversuchen anwenden konnte und nicht zu befürchten brauchte, daß die genannten Anionen aus der Pflanze exosmieren und mit den Salzen der Außenlösung Verbindungen unlöslicher Art eingehen würden. Auch meine anorganischen Salzlösungen sind bei

den Versuchen immer klar geblieben, woraus sich die Abwesenheit von Fällungen und von Bakterien ergibt.

Die gefundenen Resultate wurden in zwei Werten ausgedrückt.

1. Mit der Bezeichnung „Abn." ist die Konzentrationsabnahme der Außenlösung ausgedrückt in % ihres ursprünglichen Gehaltes.

2. Die Benennung „C. V." bedeutet das Verhältnis der Innenkonzentration — d. h. des Prozentgehaltes des im Objekt enthaltenen Wassers in bezug auf das in Rede stehende Ion — zur Außenkonzentration, so wie wir sie am Schluß des Versuchs finden, wobei der letztgenannte Wert gleich 100 gesetzt worden ist.

Zur Berechnung dieses Wertes C. V. mußte ich den Wassergehalt meiner Objekte kennen und unterzog deshalb dieselben mehreren Wasserbestimmungen. Um einen etwas sicheren Durchschnitt zu bekommen — denn nach König[1]) schwankten die Wasserwerte für *Beta vulgaris* von 75,4 % bis 94,44 %, für *Daucus Carota* von 86,5 % bis 91,10 % —, bestimmte ich jeden Monat zweimal den Wassergehalt. Für *Daucus Carota* erhielt ich die gleichen Werte für das Herbst- und Frühjahrsmaterial, im Mittel 90,48 % Wasser; für *Beta vulgaris* waren die Werte im Herbst anders als im Frühjahr:

die Analysen im Herbst ergaben den Wert 86,14 %,
die Analysen im Frühjahr ergaben den Wert 93,31 %.

Die Wasserzunahme der beiden Objekte, welche durch das Liegen derselben in den Versuchslösungen hervorgerufen wurde, ergab im höchsten Falle 2 %. Diesen Fehler habe ich unberücksichtigt gelassen, da er für die Berechnung der Konzentrationsverhältnisse nichts ausmacht. Da, wie gesagt, die Versuche so angesetzt wurden, daß auf 100 g Objekt 200 g Lösung kamen, gestaltete sich die Art der Berechnung folgendermaßen: 200 g Lösung von a %, die also 2 a g enthalten, haben a′ g verloren, daraus ergibt sich für die Außenlösung eine Konzentrationsabnahme $\frac{a'}{2a}$ %. Diese Menge von a′ g ist von 100 g des Objektes aufgenommen worden, dessen Wassergehalt z. B. 94 %. Nun ist die Konzentration des aufgenommenen Salzes in dieser Wassermenge gleich $\frac{100}{94} \cdot a'$ %. Der Vergleich dieser Konzentration, der sogenannten Innenkonzentration, mit der Konzentration der Außenlösung ergibt den Wert C. V.

1) König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel, Bd. I, S. 753 und S. 765.

Meine Untersuchungen sollten nun verschiedene Permeabilitätsverhältnisse der Plasmahaut gegen anorganische Salze feststellen. Die Untersuchungsmethode bestand, wie aus dem bereits Ausgeführten ersichtlich, darin, daß ich die Abnahme der Salzkonzentration in der Außenlösung bestimmte. Diese Abnahme wird aber nur zum Teil durch Eintritt in die Zellen, also durch den speziellen zu studierenden Prozeß bedingt, zum Teil aber auch durch Aufnahme in die Membranen. Das Verhalten der letzteren zu ermitteln ist für die Kritik der Ergebnisse unbedingt nötig, und zwar sind dabei zwei Punkte zu berücksichtigen.

I. Man muß untersuchen, was für ein Gleichgewichtsverhältnis sich zwischen der Salzkonzentration in der Membran und derjenigen in der Außenlösung herstellt. Dieses Gleichgewicht braucht keineswegs bei Konzentrationsgleichheit einzutreten; denn einmal nimmt unter Umständen das Quellwasser, wie Brücke [1]) gezeigt hat, gelöste Salze in geringerer Konzentration auf als die umspülende Außenlösung enthält, andererseits ist aber auch die Möglichkeit vorhanden, daß die Ionen mit den Substanzen der gequollenen Membranen chemische Verbindungen eingehen [2]).

II. Sind diese Fragen klargestellt, so ist das Verhältnis der Quantität der Membran und des von ihr eingeschlossenen Wassers zu der des Zellsaftes zu ermitteln.

Zuerst möchte ich mich nun zu dem Punkt I wenden und eine Betrachtung darüber anstellen, inwieweit die Zellmembran von Einfluß ist auf die Konzentration der Außenlösung, sowie auf die Bindung von Kationen und Anionen, und inwieweit die Membran für die angewandten anorganischen Salze permeabel ist. Die Zellmembranen bestehen gewöhnlich aus verschiedenen Membranlamellen, ihren chemischen Eigenschaften nach aus Zellulose, in welche aber erhebliche Mengen anderer Substanzen eingelagert sind [3]). Diese Einlagerungen können die Permeabilität hindern, wie es bei den

1) Winkelmann, Handbuch der Physik, 1891, Bd. I, S. 621. — Ludwig, Über die endosmotischen Äquivalente und die endosmotische Theorie. Zeitschr. f. rat. Medizin, 8, 19, 1849.

2) H. Devaux, Comparaison des pouvoirs absorbants des parois cellulaires et du sol pour les sels dissous. Procès-Verbaux des séances de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux, 1904. — Derselbe, Généralité de la fixation des métaux par la paroi cellulaire. Procès-Verbaux de la Société Linnéenne de Bordeaux, 1901.

3) F. Czapek, Biochemie der Pflanzen, Bd. I, § 5—9. — W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, Bd. I, § 83, 1897.

verkorkten oder kutinisierten Membranen der Fall ist; aus diesem Grunde habe ich die peripheren Schichten meiner Objekte entfernt. Da nun die angewandten Salze alle gute Kristalloide sind, so kann ich annehmen, daß sie alle leicht durch die Zellhaut diosmieren und somit ungehindert an die Plasmahaut gelangen[1]).

Was nun die Speicherung von Salzen in den Membranen anbelangt, so mahnten gewisse Erfahrungen von Rothert[2]) zu besonderer Vorsicht. Rothert, der bei seinen Versuchen Stücke von *Daucus Carota* in verschiedene Konzentrationen von Aluminiumsulfat- und -chloridlösungen legte, beobachtete, daß die Versuchsobjekte manchmal weniger, unter Umständen aber auch mehr von dem Salz aufnahmen als bei einfacher Diosmose in den Zellsaft zu erwarten gewesen wäre. Er gab für seine Resultate die Erklärung, daß die Grenzkonzentration des Aluminiums im Gewebe, bei welcher Gleichgewicht mit der Außenlösung herrscht, nahezu konstant und von der Konzentration der Außenlösung unabhängig ist; je nach der letzteren fällt die Konzentration im Gewebe entweder niedriger oder gleich oder höher aus, als in der Außenflüssigkeit. Weiterhin zeigt er, daß das einmal aufgenommene Aluminium nur in sehr geringem Maße wieder ausgegeben wird, während Nathansohn[3]) bei anderen Salzen und anderen Objekten nahezu ein konstantes Verhältnis der Innen- und Außenkonzentration feststellte. Rotherts Versuche lassen aber auch eine ganz andere Deutung zu, als der Autor ihnen gegeben hat: es kann sich bei ihnen auch um eine Bindung einer gewissen Aluminiummenge in den Membranen handeln, und meine Versuche, von denen ich jetzt sprechen will, zeigen, daß dies tatsächlich der Fall ist.

Die Versuche wurden folgendermaßen angestellt:

Als Flüssigkeit benutzte ich Lösungen von

a) 0,54 % Aluminiumsulfat,
b) 0,056 % „

Als Objekt dienten wieder die Wurzeln von *Daucus Carota* und *Beta vulgaris*.

1) W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, Bd. I, § 16, 1897.

2) W. Rothert, Das Verhalten der Pflanzen gegenüber dem Aluminium. Bot. Zeitg., Bd. 64, 1906, S. 47.

3) A. Nathansohn, Weitere Mitteilungen über die Regulation der Stoffaufnahme. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XL, Heft 3; Über die Regulation der Aufnahme anorganischer Salze durch die Knollen von *Dahlia*. A. a. O., Bd. XXXIX, Heft 4.

1. Versuch.

375 g *Daucus* mit 750 ccm einer Lösung von 0,54 % $Al_2(SO_4)_3$.
Bestimmung von Al_2O_3 in 50 ccm.

Vor dem Versuch . . . 0,0800 g Al_2O_3

	I		II	Abn.	C. V.
Nach 2 Tagen	0,0623 g	„	0,0624 g	22,00 %	$\frac{62,3}{100}$
Nach 4 Tagen	0,0602 g	„	0,0598 g	25 %	$\frac{73,68}{100}$

2. Versuch.

375 g *Beta* mit 750 ccm einer Lösung von 0,57 % $Al_2(SO_4)_3$.
Bestimmung von Al_2O_3 in 25 ccm.

Vor dem Versuch . . . 0,0423 g Al_2O_3

	I		II	Abn.	C. V.
Nach 2 Tagen	0,0384 g	„	0,0383 g	9,22 %	$\frac{23,57}{100}$
Nach 4 Tagen	0,0339 g	„	0,0336 g	20,09 %	$\frac{58,37}{100}$

Man sieht aus den Zahlen, daß noch bis zum 4. Tage Aluminiumsulfat von den Objekten aufgenommen wird, also die Versuchsergebnisse nicht konstant sind. So hatte *Daucus* am 2. Tage eine Abnahme von 0,0176 g $Al_2O_3 = 22$ % Abn. der Außenkonzentration, oder das C. V. betrug $\frac{62,34}{100}$, nach dem 4. stieg die Abnahme auf 0,020 g $Al_2O_3 = 25$ % Abn. = C. V. $\frac{73,68}{100}$.

Bei *Beta vulgaris* fand eine Abnahme von 0,0039 g statt, die also einer Verminderung der Außenlösung von 23,57 % entsprach oder einem C. V. von $\frac{23,5}{100}$; 2 Tage später war die Verminderung 0,0085 g, also Abn. = 20,09 % oder ein C. V. von $\frac{58,37}{100}$. Rechnet man die Abnahme auf die Konzentration im Gewebe um, bezogen auf wasserfreies Salz, so erhält man die Werte Rotherts. *Daucus Carota* und *Beta vulgaris* verhalten sich den 0,5 proz. Aluminiumsulfatlösungen gegenüber gleich.

Tabelle I.

Aufnahme des Aluminiums aus einer 0,5 proz. $Al_2(SO_4)_3$-Lösung.

	Daucus	*Beta*
Dauer des Versuchs in Tagen	4	4
Konzentration der Lösung vor dem Versuch	0,54	0,57
Konzentration im Gewebe nach dem Versuche . . .	0,27	0,23
Konzentration der Lösung nach dem Versuche . . .	0,40	0,46

An diesen Versuchen war nichts auffälliges. Hierauf setzte ich eine zweite Versuchsserie an, indem ich eine Lösung von 0,056 % Aluminiumsulfat einwirken ließ.

3. Versuch.

375 g *Daucus* mit 750 ccm einer Lösung von 0,056 % $Al_2(SO_4)_3$.
Bestimmung von Al_2O_3 in 200 ccm.

Vor dem Versuch . . . 0,0337 g Al_2O_3

	I		II	Abn.	C. V.
Nach 2 Tagen	0,0055 g	„	0,0054 g	83,68 %	$\frac{1133}{100}$
Nach 4 Tagen	0,0037 g	„	0,0040 g	88,43 %	$\frac{1689}{100}$

4. Versuch.

375 g *Beta* mit 750 ccm einer Lösung von 0,0596 % $Al_2(SO_4)_3$.
Bestimmung von Al_2O_3 in 200 ccm.

Vor dem Versuch . . . 0,0354 g Al_2O_3

	I		II	Abn.	C. V.
Nach 2 Tagen	0,0200 g	„	0,0195 g	44,07 %	$\frac{182,8}{100}$
Nach 4 Tagen	0,0134 g	„	0,0132 g	62,43 %	$\frac{385}{100}$

Bei diesen Versuchen mit den sehr verdünnten Lösungen von 0,05 % ergab sich für *Daucus* die Tatsache, daß die ursprüngliche Lösung von 0,0337 g um 0,0282 g abgenommen hatte, was einer Abn. von 83,68 % der Außenlösung, also einem C. V. von $\frac{1133}{100}$ entsprach. Die Innenkonzentration war demnach 10 mal so stark wie die Konzentration der Außenlösung; nach dem 4. Tage stieg die Innenkonzentration auf das 16fache, also ein C. V. von $\frac{1689}{100}$. *Beta* ergab nicht so hohe Werte, aber es war noch eine sehr starke Abnahme während der Versuchsdauer zwischen dem 2. und 4. Tage zu verzeichnen. Die ursprüngliche Lösung enthielt 0,0354 g; nach der ersten Kontrolle war eine Abnahme von 0,01988 g = 44,07 % der Außenflüssigkeit zu konstatieren, entsprechend dem C. V. $\frac{182,8}{100}$; die zweite Kontrolle ergab 0,0133 g, also einen Konzentrationsabfall der Außenlösung von 22 % = 62,4 % Abn., entsprechend einem C. V. von $\frac{385,6}{100}$. Bei Verlängerung des Versuches würde die Innenkonzentration gewiß noch erheblich gestiegen sein.

In folgender Tabelle ist auch die Abnahme der Außenlösung auf die Konzentration im Gewebe umgerechnet, wie in Tab. I.

Tabelle II.

Aufnahme des Aluminiums aus einer 0,05 proz. $Al_2(SO_4)_3$-Lösung.

	Daucus	*Beta*
Dauer des Versuchs in Tagen	4	4
Konzentration der Lösung vor dem Versuche . .	0,057	0,0596
Konzentration im Gewebe nach dem Versuche . .	0,1003	0,0744
Konzentration der Lösung nach dem Versuche . .	0,006	0,0224

In beiden Fällen findet also eine ganz bedeutende Speicherung statt, wobei die Innenkonzentration bei *Daucus Carota* das 16-, bei *Beta* das $3^3/_4$fache der Außenkonzentration erreicht. Die Speicherung von Aluminium in den Objekten ist demnach eine sehr bedeutende, und schon bei der ersten Kontrolle war das Salz zum größten Teil aus der Außenlösung entfernt; bei *Beta* ging der Prozeß etwas langsamer vonstatten.

In den Versuchen mit 0,5 proz. Aluminiumsulfatlösung ist keine Speicherung seitens der beiden angewandten Objekte nachweisbar, denn die Grenzkonzentrationen im Innern des Objektes zeigen niedrigere Werte als die Außenkonzentration.

Die Resultate in den verdünnten Lösungen ließen einige Zweifel in mir aufkommen, ob wirklich eine so große Speicherung des Aluminiums im Innern der Zelle stattfindet. Konnte nicht die Zellhaut Verbindungen eingehen mit Aluminiumsulfat, umsomehr, als die Aluminiumsalze in der Färbereitechnik eine so große Rolle als Beize spielen? Auch hier könnte es sich vielleicht um eine Einwirkung auf die Zellulose der Membran handeln; es würde demnach ein Verbrauch von Aluminium stattfinden, wovon weitaus der größte Anteil auf Kosten der Bindung in der Zellhaut stattfände. Um mir Klarheit zu verschaffen, ob tatsächlich ein solcher Fall bei den Aluminiumsalzen vorlag, führte ich folgende Versuche aus:

200 g *Beta vulgaris* wurden mit Chloroformwasser behandelt. Nach 48stündiger Einwirkung des Chloroformwassers waren alle Zellen getötet, wovon ich mich durch mikroskopische Betrachtung der Schnitte überzeugen konnte. Dieses mit Chloroformwasser getötete Objekt wurde so lange ausgewaschen, bis keine Rötung des Waschwassers mehr zu erkennen war. Das so behandelte Material brachte ich jetzt in eine Aluminiumsulfatlösung von 0,056%.

5. Versuch.

375 g *Beta* (tot) mit 750 ccm einer Lösung von 0,0565 % $Al_2(SO_4)_3$.

Bestimmung von Al_2O_3 in 200 ccm.

Vor dem Versuch	0,0336 g Al_2O_3
Nach 3 Tagen	0,0086 g „

Abn. 74,41 %

C.V. $\frac{600}{100}$

Um das C.V. zu berechnen, war eine Wasserbestimmung aus dem getöteten Material nötig, wobei der Wasserwert gleich 96,8 % gefunden wurde. Die Berechnung des Versuches zeigte nun die überraschende Tatsache, daß die Innenkonzentration 6 mal größer war als die Konzentration der Außenflüssigkeit; denn die ursprüngliche Lösung enthielt 0,0336 g, nach 3 Tagen nur noch 0,0086 g, ein Resultat, das einem C.V. von $\frac{600}{100}$ entsprach. Hätte sich die Außenlösung nur in das Gleichgewicht mit der Innenlösung gestellt, so wäre eine Abn. von nur 33,3 %, entsprechend einem C.V. von $\frac{100}{100}$ zu verzeichnen gewesen. Die gefundenen Werte umgerechnet, wie in Tab. I, ergeben:

Aufnahme des Aluminiums aus einer 0,0565 proz. $Al_2(SO_4)_3$-Lösung.

	Beta (tot)
Dauer des Versuchs in Tagen	3
Konzentration der Lösung vor dem Versuch . .	0,0565
Konzentration im Gewebe nach dem Versuch . .	0,0850
Konzentration der Lösung nach dem Versuch .	0,0280

Ein qualitativer Versuch mit *Daucus*, bei dem das Objekt genau so behandelt wurde, wie in Versuch 5 beschrieben, ergab dasselbe Resultat. Die Aluminiumreaktion trat kaum ein, nachdem sich *Daucus Carota* (tot) 3 Tage lang in dieser Lösung von 0,05 proz. Aluminiumsulfat befunden hatte. Die ursprüngliche Flüssigkeit zeigte dagegen einen bedeutenden Niederschlag.

Auf Grund dieser Versuche muß man Rotherts Deutungen ablehnen. Denn das Aluminiumsulfat wird sowohl von den lebenden wie von den toten Objekten gespeichert. Es muß also bei den toten Objekten eine chemische Verbindung mit der Substanz der Zellhäute zustande gekommen sein. Der gleiche Vorgang muß aber auch bei den lebenden Objekten eintreten und dadurch Versuchsergebnisse bedingen, wie sie Rothert gefunden und als Speicherung durch die lebende Zelle gedeutet hat. Auf diese Weise wird es

verständlich, daß im Gewebe die Grenzkonzentration konstant ist, da ja immer ein bestimmter Teil des Aluminiums von der Zellulose chemisch gebunden wird, was unabhängig von der Stärke der Außenkonzentration geschehen kann; zweitens wird auch das Ausbleiben einer Exosmose von Aluminium verständlich, da dasselbe in chemisch gebundenem Zustande vorhanden ist. Nach diesen Beobachtungen kann man also Rotherts Ergebnisse nicht zur Beleuchtung der Erscheinungen der Stoffaufnahme verwerten.

Das Ergebnis des Versuches mit 0,05 proz. Aluminiumsulfat veranlaßte mich, einige Versuche anzustellen, wie sich andere verdünnte Metallsalzlösungen gegen meine toten Objekte verhalten würden, ob dieselben auch chemische Bindungen mit der Membran oder mit dem letalen Zellinhalt eingingen, umsomehr, als Deveaux[1]) in seinen Arbeiten über die Pektinstoffe der Mittellamelle feststellt, daß dieselbe aus Pektose besteht und die Eigenschaft besitzt, Metallbasen aus Metallsalzlösungen zu speichern. Er schreibt: „die Energie, mit der diese Aufnahme vor sich geht, ist bemerkenswert, denn sie findet selbst statt, wenn man sehr verdünnte Lösungen anwendet. Dennoch wird die Sättigung durch ganz geringe Mengen Base erreicht". Als Metallsalzlösung diente mir in diesen Versuchen Chlormagnesium. Diese Lösungen, welche in einer Konzentration von 0,2 und 0,04 % angewendet wurden, sollten Aufschluß geben, wieviel die Pektinstoffe der Membran und der Inhalt der Zellen Magnesium insgesamt binden.

Daucus Carota und *Beta vulgaris* wurden mit Chloroformwasser getötet und wie in Versuch 5 behandelt. Die zur Berechnung nötigen Wassergehaltsbestimmungen der toten Objekte ergaben:

für *Beta* 96,80 % für *Daucus* 96,55 %.

6. Versuch.

200 g *Beta* (tot) mit 400 ccm einer Lösung von 0,2 % $MgCl_2$.
Bestimmung von Mg in 100 ccm.

			C. V.
Vor dem Versuch . . .	0,2584 g $Mg_2P_2O_7$	Abn.	
Nach 2 Tagen	0,1787 g „	30,84 %	$\frac{92,14}{100}$
Nach 4 Tagen	0,1785 g „	30,92 %	$\frac{92,48}{100}$

1) H. Devaux, Comparaison des pouvoirs absorbants des parois cellulaires et du sol pour les sels dissous. Procès-Verbaux des séances de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux, 1904. — Derselbe, Sur la nature de la lamelle moyenne dans les tissus mous. Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux, 1903, T. III.

Bestimmung von Cl in 10 ccm.

Vor dem Versuch	9,50 ccm	1/20 n $AgNO_3$
Nach 2 Tagen	6,55 „	„
„ 4 „	6,55 „	„
„ 6 „	6,55 „	„

Nach 6 Tagen Abn. 31,05 %

C. V. $\frac{93,45}{100}$

7. Versuch.

200 g *Daucus* (tot) mit 400 ccm einer Lösung von 0,2 % $MgCl_2$.

Bestimmung von Mg in 100 ccm.

		Abn.	C. V.
Vor dem Versuch . . .	0,2584 g $Mg_2P_2O_7$		
Nach 2 Tagen	0,1768 g „	31,58 %	$\frac{95,77}{100}$
Nach 4 Tagen	0,1767 g „	31,62 %	$\frac{95,04}{100}$

Bestimmung von Cl in 10 ccm.

Vor dem Versuch	9,50 ccm	1/20 n $AgNO_3$
Nach 2 Tagen	6,50 „	„
„ 4 „	6,50 „	„
„ 6 „	6,50 „	„

Nach 6 Tagen Abn. 31,58 %

C. V. $\frac{95,35}{100}$

Betrachtet man die Ergebnisse der Versuche, so ergibt sich, daß die Konzentration der Innenlösung fast den Wert der Außenlösung erreicht. Bei *Beta* nimmt die Außenlösung für das Kation um 30,92 % ab, entsprechend der C. V. $\frac{92,48}{100}$. Das Anion ergibt fast den gleichen Wert der Abn. = 31,05 %, also des C. V. $\frac{93,45}{100}$. Nach 2tägigem Stehen erhält man dasselbe Resultat wie nach 4 Tagen, ein Beweis, daß das Objekt schon nach kürzerer Zeit gleichmäßig von der Salzlösung durchdrungen war. Das Ergebnis für *Daucus* ist ein gleiches; Kation und Anion werden in gleichen C. V. aufgenommen, letzteres beträgt $\frac{95,94}{100}$ für Mg und $\frac{95,35}{100}$ für Cl. In beiden Fällen ist also die Außenkonzentration etwas höher als die Innenkonzentration. Diese Differenz kann einesteils auf Analysenfehler zurückzuführen sein, anderenteils auf die von Ludwig und von Brücke [1]) beobachtete Erscheinung, daß von den Membranen

1) Ludwig, Zeitschr. für rationelle Medizin, 1849. — Winkelmann, Handb. der Physik, 1891, I, S. 621.

aus Salzlösungen das Salz in geringerer Konzentration aufgenommen wird, als es in der umspülenden Außenlösung enthalten ist. Diese Tatsachen erklären wohl die Konzentrationsdifferenzen zwischen Außenlösung und dem im Objekt enthaltenen Wasser. Die Unterschiede zwischen den gefundenen und den auf Grund des C. V. $\frac{100}{100}$ berechneten Werten sind sehr gering und seien im folgenden angeführt:

1. In Versuch 6 wurde gefunden:

a) für das Kation = 0,1785 g $Mg_2P_2O_7$, entspr. C. V. $\frac{92{,}48}{100}$

theoretisch berechnete

Menge = 0,1735 g „ „ C. V. $\frac{100}{100}$

Fehler 0,0050 g

Diese 0,005 g entsprechen 3 % analytischem Fehler.

b) für das Anion = 6,55 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$, entspr. C. V. $\frac{93{,}45}{100}$

theoretisch berechnete

Menge = 6,35 ccm „ „ C. V. $\frac{100}{100}$

Fehler 0,20 ccm

Diese 0,20 ccm entsprechen 3 % analytischem Fehler.

2. Für Versuch 7 wurde gefunden:

a) für das Kation = 0,1767 g $M_2P_2O_7$, entspr. C. V. $\frac{95{,}94}{100}$

theoretisch berechnete

Menge = 0,1737 g „ „ C. V. $\frac{100}{100}$

Fehler 0,0030 g

Diese 0,003 g entsprechen 1,8 % analytischem Fehler.

b) für das Anion = 6, 50ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$, entspr. C. V. $\frac{95{,}35}{100}$

theoretisch berechnete

Menge = 6,35 ccm „ „ C. V. $\frac{100}{100}$

Fehler 0,15 ccm

Diese 0,15 ccm entsprechen 2 % analytischem Fehler.

Man kann 1 % analytischen Fehler abrechnen; es entsteht dann ein sehr kleiner Unterschied, der sehr gut durch die Konzentrationsdifferenz zwischen der Imbibitionsflüssigkeit und der umspülenden Lösung erklärt werden kann.

Um meine Ergebnisse durch einen Versuch nochmals zu kontrollieren, wandte ich jetzt eine sehr verdünnte Lösung von 0,045 % Chlormagnesium an.

8. Versuch.

400 g *Beta* (tot) mit 800 ccm einer Lösung von 0,045 % $MgCl_2$.

Bestimmung von Mg in 200 ccm.

Vor dem Versuch	0,1064 g	$Mg_2P_2O_7$
Nach 2 Tagen	0,0737 g	„
„ 4 „	0,0737 g	„

Abn. 30,67 %

C. V. $\frac{91,78}{100}$

Bestimmung von Cl in 50 ccm.

Vor dem Versuch	9,65 ccm	$^1/_{20}$ n $AgNO_3$
Nach 2 Tagen	6,80 „	„
„ 4 „	6,80 „	„

Abn. 29,53 %

C. V. $\frac{86,59}{100}$

9. Versuch.

400 g *Daucus* (tot) mit 800 ccm einer Lösung von 0,045 % $MgCl_2$.

Bestimmung von Mg in 200 ccm.

Vor dem Versuch	0,1063 g	$Mg_2P_2O_7$
Nach 2 Tagen	0,0729 g	„
„ 4 „	0,0729 g	„

Abn. 31,42 %

C. V. $\frac{95,07}{100}$

Bestimmung von Cl in 50 ccm.

Vor dem Versuch	9,65 ccm	$^1/_{20}$ n $AgNO_3$
Nach 2 Tagen	6,80 „	„
„ 4 „	6,80 „	„

Abn. 29,53 %

V. V. $\frac{86,97}{100}$

Das Verhalten der beiden Objekte in der verdünnten Lösung von 0,045 % war für die Kationen ein gleichbleibendes, für die Anionen erhielt ich etwas niedrigere Werte. Für *Beta* bekam ich für Mg bei 0,2 % ein C. V. von $\frac{92,48}{100}$, bei 0,045 % ein C. V. von $\frac{91,78}{100}$, für *Daucus* war das frühere C. V. $\frac{95,94}{100}$, das jetzt gefundene $\frac{95,07}{100}$. Die Anionen ergaben für beide Objekte dieselben Resultate:

für *Beta* in 0,2 proz. $MgCl_2$-Lösung C. V. $\frac{93,45}{100}$

0,045 „ „ „ C. V. $\frac{86,59}{100}$

für *Daucus* in 0,2 „ „ „ C. V. $\frac{95,35}{100}$

0,045 „ „ „ C. V. $\frac{86,97}{100}$

Es ergibt sich also bei sehr verdünnten Lösungen ein analoges Verhalten wie bei konzentrierteren; es würde in den Versuchen 8 und 9, unter der Voraussetzung, daß wenige Milligramme durch Bindung in den Zellwänden verbraucht würden, ein großer Ausschlag zu bemerken gewesen sein. Es scheint mir hier ebenfalls von Nutzen, die Unterschiede zwischen den gefundenen und den aus dem C. V. $\frac{100}{100}$ berechneten Werten in Zahlen anzugeben; für die Kationen sind die Fehler bei diesen verdünnten Lösungen dieselben, wie in Versuch 6 und 7. Bei den Versuchen mit Magnesiumsalzen konnte das Mg sehr exakt analytisch bestimmt werden. Dagegen zeigte die Bestimmung der Anionen eine nicht unerhebliche Differenz gegen den berechneten Wert, die auf einen ungenauen Umschlag der Lösung bei der Titration zurückführbar ist. Das Chlor wurde nicht quantitativ gefällt, sondern titriert, weil beim Stehen der zu untersuchenden Lösungen mit Silbernitrat die organischen Stoffe stark reduzierend auf dasselbe einwirken, was bei der Titration nicht der Fall sein kann.

1. Für Versuch 8 wurde gefunden:

a) für das Kation = 0,0737 g $Mg_2P_2O_7$, entspr. C. V. $\frac{91,18}{100}$

theoretisch berechnete

Menge = 0,0717 g „ „ C. V. $\frac{100}{100}$

Fehler 0,0020 g

Diese 0,0020 g entsprechen 3 % analytischem Fehler.

b) für das Anion = 6,80 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$, entspr. C. V. $\frac{86,59}{100}$

theoretisch berechnete

Menge = 6,50 ccm „ „ C. V. $\frac{100}{100}$

Fehler 0,30 ccm

Diese 0,30 ccm entsprechen 4,4 % analytischem Fehler.

2. Für Versuch 9 wurde gefunden:

a) für das Kation = 0,0729 g $Mg_2P_2O_7$, entspr. C. V. $\frac{95{,}07}{100}$

theoretisch berechnete

Menge = 0,0715 g „ „ C. V. $\frac{100}{100}$

Fehler 0,0014 g

Diese 0,0014 g entsprechen 2 % analytischem Fehler.

b) für das Anion = 6,80 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$, entspr. C. V. $\frac{86{,}97}{100}$

theoretisch berechnete

Menge = 6,50 ccm „ „ C. V. $\frac{100}{100}$

Fehler 0,30 ccm

Diese 0,30 ccm entsprechen 4,4 % analytischem Fehler.

In beiden Versuchen mit 0,2 und 0,045 % $MgCl_2$ erreicht also die Innenkonzentration nicht einmal die der Außenlösung; man kann also in keiner Weise auf eine außerhalb der analytischen Fehlergrenze liegende Bindung der Pektinstoffe schließen. Die Konzentration im Quellwasser der Membran hält sich sogar etwas niedriger, ähnlich wie in Brückes Versuchen, wo sich gleichfalls die Innenlösung nicht ins Konzentrationsgleichgewicht mit der sie umspülenden Lösung einstellte.

Nachdem diese Frage entschieden worden ist, möchte ich nun den zweiten Punkt diskutieren: in welchem quantitativen Verhältnisse steht das von den Membranen eingeschlossene Wasser zu dem Zellsafte?

Die Membranen der Zellen enthalten ja Quellungswasser, und zwar sind sie vollständig damit gesättigt, da sich die Objekte immer in den Lösungen befinden. In diesem Wasser der Zellmembranen würde sich das anorganische Salz auf osmotischem Wege verteilen, und eine gewisse Menge desselben der Außenlösung somit entzogen werden. Es ist nun von Wichtigkeit zu wissen, welche Größe dieser Teil erreicht, um einen Schluß ziehen zu können, wie viel von dem Plasma aufgenommen wird. Da meine Salze gute Kristalloide sind, so werden sie ohne große Schwierigkeit in die Membran diosmieren. Und zwar ist eine gleiche Beteiligung der Kationen wie der Anionen zu erwarten, da Speicherung in der Membran, wie gezeigt, nicht in Frage kommt. Auch bei stofflich gleichen Lösungen von verschiedenen Konzentrationen muß sich durch die Sättigung der Membranen eine und dieselbe prozentische Abnahme

einstellen. Genau das Gleiche gilt für die Sättigung der beim Schneiden der Objekte abgetöteten Zellen. Diese Frage können wir an einigen Versuchen entscheiden, welche deutlich zur Kenntnis bringen, daß das Quellungswasser der Membranen und der Inhalt der toten Zellen nur einen sehr kleinen Bruchteil von dem Gesamtwassergehalt des Objektes ausmachen können. Wie gewöhnlich hatte ich in diesen Versuchen auf einen Teil des zu untersuchenden Objektes zwei Teile der anorganischen Salzlösung verwendet und kontrollierte durch Analysen das Eindringen der Anionen und Kationen. Die hier anzuführenden Versuche ergaben nun für die Aufnahme des Anions sehr kleine Werte, so daß das C. V. zwischen $\frac{0}{100}$ und im höchsten Falle $\frac{5{,}85}{100}$ schwankten, während die späteren Versuche zeigten, daß die Anionen unter Umständen bis zu Konzentrationsverhältnissen aufgenommen werden können, die den Wert $\frac{50}{100}$ noch übersteigen.

An erster Stelle erwähne ich den Versuch mit 0,4 % $CaCl_2$ und 0,08 % $CaCl_2$, da hier das gleiche anorganische Salz in verschiedener Konzentration als Versuchsflüssigkeit diente.

10. Versuch.

100 g *Beta* mit 200 ccm einer Lösung von 0,4 % $CaCl_2$.

Bestimmung von CaO in 50 ccm.

Vor dem Versuch	0,0967 g CaO
Nach 2 Tagen	0,0909 g „
„ 4 „	0,0916 g „

Abn. 5,27 %

C. V. $\frac{12{,}95}{100}$

Bestimmung von Cl in 10 ccm.

Vor dem Versuch	13,30 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$
Nach 2 Tagen	13,20 „ „
„ 4 „	13,25 „ „

Abn. 0,38 %

C. V. $\frac{0{,}88}{100}$

11. Versuch.

375 g *Beta* mit 750 ccm einer Lösung von 0,08 % $CaCl_2$.

Bestimmung von CaO in 200 ccm.

	I	II
Vor dem Versuch	0,0769 g	0,0769 g CaO
Nach 2 Tagen	0,0674 g	0,0664 g „
„ 4 „	0,0630 g	0,0625 g „

Abn. 18,34 %

C. V. $\frac{52,11}{100}$

Bestimmung von Cl in 50 ccm.

	I	II
Vor dem Versuch . .	13,70 ccm	13,70 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$
Nach 2 Tagen . . .	13,70 „	13,70 „ „
„ 4 „ . . .	13,70 „	13,70 „ „

Abn. 0

C. V. $\frac{0}{100}$

Aus diesen Ergebnissen ist ersichtlich, daß in das Quellungswasser Chlor überhaupt nicht in nachweisbarer Menge übertritt. Ein kleiner Fehler haftet übrigens diesen Versuchen an: es exosmiert eine verschwindend kleine Menge Chlor aus *Beta vulgaris* (s. S. 4 [506]), für welche sich eine entsprechende Menge Chlorcalcium in dem Quellungswasser der Membran vorfinden kann. Dieser Fehler erreicht vielleicht im Höchstfalle 2 % der Abnahme der Außenlösung. Man kann wohl kaum die Annahme machen, daß die Chloride eine erhöhte Exosmose aus *Beta* bewirken, ist doch nach König[1]) in 100 g *Beta* nur 0,012 g Cl vorhanden, während die umspülende Lösung die 3- bis 15fache Chlorkonzentration aufweist. Dasselbe Verhalten wie Chlorcalcium zeigen auch einige Versuche mit Kaliumnitrat und Natriumnitrat von 0,5 %. Hier zeigen die Kaliumnitratversuche eine Abnahme des Anions von 1,75 %, während die Versuche mit Natriumnitrat überhaupt keine Abnahme der Außenlösung von NO_3 erkennen ließen. Auch hier liegen dieselben Ursachen zugrunde wie bei den Chloriden. In nebenstehender Tabelle III habe ich zur besseren Übersicht alle Analysen, welche ich zur Erkennung der Größe der Aufnahme von Salz in das Quellungswasser der Membranen ausführte, zusammengestellt.

1) König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel, Bd. I, S. 751.

Tabelle III.

Versuchsobjekt: *Beta vulgaris.*

Nummer	Angewandte Lösungen	Prozentgehalt	Zeitdauer zwisch. Beginn des Versuches u. Ausführung d. Bestimmung	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Kation	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Anion	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung. C. V. für das Kation	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung. C. V. für das Anion
1	$CaCl_2$	0,4	2 Tage	6,00	0,75	$\frac{14,81}{100}$	$\frac{1,76}{100}$
	„	0,4	4 „	5,27	0,38	$\frac{12,92}{100}$	$\frac{0,88}{100}$
2	$CaCl_2$	0,08	2 Tage	13,00	0	$\frac{34,69}{100}$	$\frac{0}{100}$
	„	0,08	4 „	18,00	0	$\frac{52,11}{100}$	$\frac{0}{100}$
3	$MgCl_2$	0,04	2 Tage	3,95	0,51	$\frac{9,55}{100}$	$\frac{1,21}{100}$
	„	0,04	4 „	4,70	0	$\frac{11,64}{100}$	$\frac{0}{100}$
4	„	0,04	6 „	4,42	0	$\frac{10,74}{100}$	$\frac{0}{100}$
	$NaNO_3$	0,5	2 Tage	16,93	0	$\frac{43,67}{100}$	$\frac{0}{100}$
	„	0,5	4 „	18,62	0	$\frac{49,02}{100}$	$\frac{0}{100}$
5	KNO_3	0,5	2 Tage	10,60	0,97	$\frac{25,92}{100}$	$\frac{2,10}{100}$
	„	0,5	4 „	10,80	1,75	$\frac{25,43}{100}$	$\frac{3,83}{100}$
6	$(NH_4)_2HPO_4$	1,0	2 Tage	15,18	2,45	$\frac{41,52}{100}$	$\frac{5,85}{100}$
7	$(NH_4)_2SO_4$	1,0	2 „	7,56	1,27	$\frac{18,98}{100}$	$\frac{3,00}{100}$

Betrachtet man nun Tabelle III, so ersieht man daraus, daß in diesen Fällen die Abnahme der Anionen in der Außenlösung eine sehr geringe ist. Überall liegt sie unter 3 %, was einem C. V. von ungefähr $\frac{6}{100}$ entspricht. Die niedrigsten Werte zeigt das Anion Cl'. In allen Versuchen beträgt die Abnahme 0 oder nur wenige Zehntel Prozente. Das Ion NO_3' schließt sich in dem Verhalten dem Chlorion an, einen etwas höheren Wert zeigt das SO_4''- und PO_4'''ion. Die Kationen verhalten sich vollständig anders: bei allen Versuchen nehmen die Außenkonzentrationen ganz bedeutend ab. Da

nun das Quellungswasser unter allen Umständen sich mit dem Salz der umspülenden Lösung ins physikalische Gleichgewicht setzt, so zeigt die Abnahme des Anions an, wieviel vom Quellungswasser im Maximum aufgenommen wurde. Zu bemerken aber ist hierbei, daß die für die Kationen erhaltenen Werte mit diesem Maximum nicht übereinstimmen, sondern sie im geringsten Falle um das Sechsfache übertreffen, wie aus dem Versuch mit Ammoniumsulfat ersichtlich ist, und sogar in dem Versuch mit 0,08 % Chlorcalcium den Wert des 18fachen erreichen. Es wäre nun möglich, daß die Abnahme der Kationen auf der Bildung unlöslicher Verbindungen, etwa der Oxalate, beruht. Aber bei diesen Versuchen mit $K^{\cdot}$ und $Na^{\cdot}$ und $NH_4^{\cdot}$ ist eine Bindung in unlöslicher Form überhaupt ausgeschlossen, da deren Salze leicht löslich sind. Es bleiben mithin nur die Kationen $Ca^{\cdot\cdot}$ und $Mg^{\cdot\cdot}$ übrig. Doch auch bei diesen ist es nicht der Fall; denn es ist mir niemals gelungen, außerhalb des Objektes die in Frage kommenden Pflanzensäuren nachzuweisen, weder in den Versuchen, bei welchen ich *Beta* und *Daucus* mit destilliertem Wasser behandelte, noch in denjenigen, die ich mit K-, Na- und NH_4-Salzen unternahm.

Es geht also daraus hervor, daß die Kationen bestimmt in die Zellen eingedrungen sind: sonst hätte ihre Konzentrationsabnahme nicht größer sein dürfen, als die der Anionen. Von diesen können wir bei diesen kleinen Konzentrationsabnahmen nichts bestimmtes aussagen. Möglicherweise beruhen diese Werte vollständig auf Sättigung des Quellungswassers der Membranen; und für die Diskussion aller künftigen Versuche haben wir als leitenden Gesichtspunkt festzuhalten, daß Abnahmen unter 3 % nicht zu Schlüssen auf Eindringen in die Zelle verwertet werden können, daß aber höhere Konzentrationsabnahmen auf der letztgenannten Erscheinung beruhen.

III. Über die verschiedene Permeabilität der Zellen für die Kationen und Anionen von Salzen.

Wir haben im vorigen Abschnitte gesehen, daß der Fehler, der durch die Aufnahme von Salzen in Membranen und in abgetötete Zellen bedingt wird, klein ist und sicherlich nicht mehr als 3 % beträgt. Wenn wir also in der Außenlösung eine Konzentrationsabnahme finden, die einem C. V. von mehr als $\frac{6}{100}$ entspricht,

so können wir mit Sicherheit auf ein Eindringen in die lebenden Zellen durch die Plasmahaut schließen. Daraufhin sind wir jetzt imstande, die Versuchsergebnisse in befriedigender Weise zu diskutieren.

Ebenso wie bei Nathansohn wurden die Versuche so angestellt, daß das Objekt mehrere Tage in der Lösung verblieb. Während dieser Zeit wurde der Gang der Konzentrationsänderungen zu wiederholten Malen durch Analysen bestimmt. Die Diskussion der Ergebnisse hat sich nun auf folgende Punkte zu erstrecken:

1. Erfolgt die Aufnahme der Salze bis zum physikalischen Gleichgewicht oder wird sie früher sistiert?

2. Ist die Grenze der Aufnahme für beide Ionen des Salzes die gleiche oder ist sie verschieden?

3. Existieren für die Aufnahme der beiden Ionen eines Salzes zeitliche Verschiedenheiten?

4. Verhält sich das gleiche Ion bei verschiedenen Salzen gleich oder verschieden?

1. Erfolgt die Aufnahme des Salzes bis zum physikalischen Gleichgewicht oder wird sie früher sistiert?

Um diese Frage entscheiden zu können, habe ich eine Reihe von Versuchen angestellt, in denen ich *Daucus* und *Beta* mit verschiedenen anorganischen Salzlösungen in Berührung brachte. Ich beobachtete durch chemische Analysen die Abnahme der Konzentration der Außenlösungen bis zu dem Punkte, bei dem dieselbe aufhörte, und stellte hierdurch fest, wann sich ein konstantes Verhältnis zwischen der Außenkonzentration und der Innenkonzentration bildete. Es ist ja nun vollständig gleichgültig, ob man die Abnahme der Außenlösung am Kation oder Anion studiert, da ja in dem Falle eines physikalischen Gleichgewichtes zwischen Außenlösung und Innenlösung beide Ionen gleichmäßig aufgenommen werden müssen. Es müßte sich in diesem Falle sowohl für das Anion wie für das Kation ein Konzentrationsverhältnis der Innenkonzentration zur Außenkonzentration wie $\frac{100}{100}$ ergeben. Liegt nun die Innenkonzentration höher als 100, so wird man von Speicherung reden, wird aber der Wert 100 nicht erreicht, so liegt ein regulatorischer Vorgang zugrunde, welcher entgegen den physikalischen Gesetzen dem anorganischen Salze den Durchtritt durch die Plasmahaut vor

der Einstellung des physikalischen Gleichgewichtes verwehrt. In den in Tab. IV und V zusammengestellten Versuchen ist dies letztere der Fall; für wenigstens eines der Ionen ist nach 2 resp. 4 Tagen eine Konzentrationsabnahme der Außenlösung zu beobachten, die sich bei weiterer, zweitägiger Versuchsdauer nicht mehr verändert; da die Werte oberhalb der Grenze liegen, die im vorigen Kapitel für die Sättigung der gequollenen Membranen ermittelt wurden, hat also eine Aufnahme in die Zellen stattgefunden, die aber vor Erreichung des physikalischen Gleichgewichtes sistiert wurde. Der Umstand, daß während der ersten zwei Tage merkliche Aufnahme eintritt, während der folgenden zwei Tage aber nicht mehr, schließt die Möglichkeit aus, daß es sich bei der Erscheinung um allmähliches Eindringen des Salzes in das Innere des 3 mm dicken Objektes handelt; denn in diesem Falle müßte eine stetige Steigerung des Salzgehaltes im Objekt eintreten und ohne physiologische Regulation mit der Zeit zur Erreichung des physikalischen Gleichgewichtes führen.

Tabelle IV.

Versuchsobjekt: *Daucus Carota.*

Nummer	Angewandte Lösungen	Prozentgehalt	Zeitdauer zwisch. Beginn des Versuches u. Ausführung d. Bestimmung	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Kation	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Anion	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung. C. V. für das Kation	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung. C. V. für das Anion
1	NH_4NO_3	1,0	2 Tage	12,08	7,89	$\frac{30,38}{100}$	$\frac{18,93}{100}$
	„	1,0	4 „	13,75	7,89	$\frac{35,23}{100}$	$\frac{18,93}{100}$
2	K_2SO_4	0,5	2 Tage	13,48	7,21	$\frac{34,44}{100}$	$\frac{17,16}{100}$
	„	0,5	4 „	15,39	7,29	$\frac{40,21}{100}$	$\frac{17,39}{100}$
3	$CaCl_2$	0,4	2 Tage	10,90	9,40	$\frac{27,04}{100}$	$\frac{22,93}{100}$
	„	0,4	4 „	11,32	10,90	$\frac{28,22}{100}$	$\frac{27,05}{100}$
4	$MgCl_2$	0,22	2 Tage	12,90	11,46	$\frac{32,73}{100}$	$\frac{28,60}{100}$
	„	0,22	4 „	13,20	14,58	$\frac{33,62}{100}$	$\frac{37,74}{100}$

Tabelle V.

Versuchsobjekt: *Beta vulgaris.*

Nummer	Angewandte Lösungen	Prozentgehalt	Zeitdauer zwisch. Beginn des Versuches u. Ausführung d. Bestimmung	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Kation	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Anion	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung. C. V. für das Kation	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung. C. V. für das Anion
	K-Salze.						
1	KNO_3	0,5	2 Tage	10,80	0,97	$\frac{25,92}{100}$	$\frac{2,11}{100}$
	„	0,5	4 „	10,60	1,75	$\frac{25,43}{100}$	$\frac{3,83}{100}$
2	K_2SO_4	0,5	2 Tage	12,57	2,85	$\frac{30,83}{100}$	$\frac{6,28}{100}$
	„	0,5	4 „	13,84	3,28	$\frac{34,43}{100}$	$\frac{7,26}{100}$
	Na-Salze.						
3	$NaNO_3$	0,5	2 Tage	16,93	0	$\frac{43,67}{100}$	$\frac{0}{100}$
	„	0,5	4 „	18,62	0	$\frac{49,02}{100}$	$\frac{0}{100}$
4	NaCl	0,5	2 Tage	3,48	5,23	$\frac{7,73}{100}$	$\frac{11,83}{100}$
	„	0,5	4 „	3,86	5,23	$\frac{8,62}{100}$	$\frac{11,83}{100}$
	Ca-Salze.						
5	$CaCl_2$	0,4	2 Tage	6,00	0,75	$\frac{14,81}{100}$	$\frac{1,76}{100}$
	„	0,4	4 „	5,27	0,38	$\frac{12,92}{100}$	$\frac{0,88}{100}$
6	$CaCl_2$	0,08	2 Tage	13,00	0	$\frac{34,69}{100}$	$\frac{0}{100}$
	„	0,08	4 „	18,34	0	$\frac{52,11}{100}$	$\frac{0}{100}$
	Mg-Salze.						
7	$MgCl_2$	0,22	2 Tage	6,50	4,21	$\frac{16,14}{100}$	$\frac{10,20}{100}$
	„	0,22	4 „	5,69	4,74	$\frac{14,00}{100}$	$\frac{11,54}{100}$
	„	0,22	6 „	5,69	4,74	$\frac{14,00}{100}$	$\frac{11,54}{100}$
8	$Mg(NO_3)_2$	0,3	2 Tage	5,39	4,31	$\frac{13,23}{100}$	$\frac{10,46}{100}$
	„	0,3	4 „	5,67	5,13	$\frac{13,95}{100}$	$\frac{12,55}{100}$
	„	0,3	6 „	5,67	6,99	$\frac{13,95}{100}$	$\frac{17,45}{100}$

Fortsetzung der Tabelle V.

Nummer	Angewandte Lösungen	Prozentgehalt	Zeitdauer zwisch. Beginn des Versuches u. Ausführung d. Bestimmung	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Kation	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Anion	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung. C. V. für das Kation	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung. C. V. für das Anion
	Mg-Salze.						
9	$MgCl_2$	0,045	2 Tage	3,95	0,51	$\frac{9,55}{100}$	$\frac{1,21}{100}$
	„	0,045	4 „	4,70	0	$\frac{11,46}{100}$	$\frac{0}{100}$
	„	0,045	6 „	4,42	0	$\frac{10,74}{100}$	$\frac{0}{100}$
10	$Mg(NO_3)_2$	0,06	2 Tage	3,51	12,28	$\frac{8,45}{100}$	$\frac{32,49}{100}$
	„	0,06	4 „	2,94	15,09	$\frac{7,03}{100}$	$\frac{41,24}{100}$

Betrachten wir die Versuche im einzelnen, so finden wir für *Daucus Carota* bei dem Versuch mit Ammoniumnitrat schon am zweiten Tage ein C. V., das in den folgenden zwei Tagen keine Anderung mehr erfährt. Es beträgt für NO_3' $\frac{18,93}{100}$. Bei Anwendung einer Kaliumsulfatlösung resultierten für den 2. und 4. Tag die gleichen Werte von

K_2SO_4 0,5 % C. V. für SO_4'' am 2. Tage $\frac{17,16}{100}$

C. V. „ „ „ 4. „ $\frac{17,39}{100}$

In den anschließenden Versuchen mit Chlorcalcium und Chlormagnesium zeigen nach Verlauf von zwei Tagen die Kationen ein fast konstant bleibendes C. V. Es ergeben sich für

$CaCl_2$ am 2. Tage C. V. $\frac{27,04}{100}$

„ 4. „ C. V. $\frac{28,22}{100}$

$MgCl_2$ „ 2. „ C. V. $\frac{32,73}{100}$

„ 4. „ C. V. $\frac{33,62}{100}$

Die so erreichten Grenzen der Aufnahmefähigkeit ergeben in eindeutiger Weise, daß ein Eindringen bis zum physikalischen Gleich-

gewicht nicht stattgefunden hat, sondern daß die Aufnahme der Ionen bei einem bestimmten Konzentrationsverhältnis sistiert wird, welches in diesen 4 Versuchen unter $\frac{35}{100}$ liegt. Derartige nach 2 Tagen konstant bleibende C. V. konnte ich bei der Versuchsanstellung mit *Daucus* nur mit diesen 4 Salzen feststellen. Bei den übrigen Versuchen erreichte das Konzentrationsverhältnis bis zum 4. Tage, an welchem die Versuche abgebrochen wurden, keinen konstanten Wert. Ich werde diese Versuche an anderer Stelle diskutieren.

Beta ist in dieser Hinsicht ein besseres Objekt; ich kann hier eine größere Reihe von Beispielen dafür anführen, daß die Diosmose nicht bis zum physikalischen Gleichgewicht fortschreitet, wie das die Tabelle V zeigt.

Beginnen will ich mit den Versuchen mit Kaliumsalzen. Bei Anwendung von Kaliumnitrat ergibt sich für das Kation ein konkonstantes C. V. von $\frac{25{,}43}{100}$. Auch bei Kaliumsulfat kann man die Werte als konstant bezeichnen, da die Abnahme am 2. Tage 2,85 % der Außenlösung beträgt, und dieselbe am 4. Tage nur um 0,43 % abgenommen hat. Das C. V. steigt von $\frac{6{,}28}{100}$ auf $\frac{7{,}26}{100}$. Für die chemisch nahe verwandten Natriumsalze ist bei Natriumnitrat für NO_3' überhaupt keine Abnahme bemerkbar, bei Chlornatrium ist die Konstanz für Cl' bei C. V. $\frac{11{,}83}{100}$ erreicht. Als dritte Gruppe folgen die Calciumsalze. Zur Anwendung kamen Chlorcalciumlösungen von 0,4 % und 0,08 %. Beide verhalten sich ganz gleichmäßig, indem für das Anion die Grenze der Aufnahme für die 0,4 proz. Lösung C. V. $\frac{0{,}88}{100}$ und für 0,08 proz. C. V. $\frac{0}{100}$ gefunden worden ist. Die sich nun anschließenden Magnesiumsalze zeigen inbezug auf das Kation alle am 4. Tage ein konstantes Verhältnis, gleichgültig, ob ihre Lösung verdünnt oder konzentriert angewandt wird. Die Werte sind:

für eine 0,22 proz. $MgCl_2$-Lösung C. V. $= \frac{14}{100}$

„ „ 0,045 „ „ „ C. V. $= \frac{10{,}74}{100}$

für eine 0,3 proz. $Mg(NO_3)_2$-Lösung C. V. $= \frac{13,95}{100}$

„ „ 0,06 „ „ „ C. V. $= \frac{7,02}{100}$.

Überblickt man nun alle Ergebnisse, so erkennt man, daß in keinem Falle das konstante C. V. der Innenlösung zur Außenlösung von $\frac{20}{100}$ überschritten wird. Die Außenlösung ist also fünfmal konzentrierter als die Innenlösung. Nach diesem Befund bin ich berechtigt anzunehmen, daß die Objekte die erwähnten Salze nicht bis zum physikalischen Gleichgewichte aufnehmen.

Diese Tatsache beweist zweierlei: erstens, daß die Pflanzenzelle anfangs permeabel für das betreffende Ion ist, zweitens, daß während der Versuchsanstellung eine Änderung der Eigenschaft der Plasmahaut eintritt, die zur Aufhebung dieser Permeabilität führt. Es ist fernerhin aus den Tabellen zu ersehen, daß auf den Verlauf der Erscheinung die Konzentration der Außenlösung von Einfluß ist. Die Sistierung findet, soweit verschiedene Konzentrationen desselben Salzes geboten werden, nicht bei den gleichen absoluten Innenkonzentrationen statt, sondern diese Konzentrationen sind um so höher, je konzentrierter die Außenlösung geboten wird. Nathansohn fand in seinen Versuchen[1]) öfters eine mehr oder minder große Annäherung an ein konstantes Verhältnis zwischen Innenkonzentration und Außenlösung. In den hier angeführten wenigen Beispielen kommt die Proportionalität nur manchmal einigermaßen zum Ausdruck, wohl aber überall das allgemeine Prinzip, daß die aufgenommene absolute Menge mit der Außenkonzentration steigt, und nicht, wie Rothert[2]) für Aluminiumsalze zu beweisen glaubte, lediglich von der absoluten Konzentration des Salzes im Innern abhängt. So ergeben sich aus den Analysen berechnet für die Versuche Nr. 5 bis 10 in Tabelle V folgende Werte:

1) A. Nathansohn, Über die Regulation der Aufnahme anorganischer Salze durch die Knollen von *Dahlia*. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXIX, S. 614. — Derselbe, Weitere Mitteilungen über die Regulation der Stoffaufnahme. Ebenda, Bd. XL,

2) W. Rothert, Das Verhalten der Pflanzen gegenüber dem Aluminium. Bot. Ztg., Bd. LXIV, 1906, S. 47.

a) für die Kationen.

Angewandte Lösung	Versuchsdauer	C. V. des Kations	100 g *Beta* enthalten absolute Mengen von
0,4 proz. $CaCl_2$	4 Tage	$\frac{12,92}{100}$	0,0204 g CaO
0,08 „ „	4 „	$\frac{52,11}{100}$	0,0141 g „
0,22 proz. $MgCl_2$	6 „	$\frac{14}{100}$	0,0296 g $Mg_2P_2O_7$
0,045 „ „	6 „	$\frac{10,74}{100}$	0,0047 g „
0,3 proz. $Mg(NO_3)_2$	4 „	$\frac{13,95}{100}$	0,0246 g „
0,06 „ „	4 „	$\frac{7,03}{100}$	0,0026 g „

b) für die Anionen.

0,4 proz. $CaCl_2$	4 Tage	$\frac{0,88}{100}$	1,0 ccm $^1/_{20}$ n Cl
0,08 „ „	4 „	$\frac{0}{100}$	0 „ „
0,22 proz. $MgCl_2$	6 „	$\frac{11,54}{100}$	9,0 „ „
0,045 „ „	6 „	$\frac{0}{100}$	0 „ „
0,3 proz. $Mg(NO_3)_2$	4 „	$\frac{12,55}{100}$	4,4 „ NO_3
0,06 „ „	4 „	$\frac{41,24}{100}$	5,16 „ „

Diese angeführten Zahlen bestätigen das vorher Erwähnte. Als einzige Ausnahme ist nur bei Anwendung von 0,06 % Magnesiumnitrat das Anion NO_3' zu erwähnen. Dieses wird aus verdünnterer Lösung in größerer absoluter Menge aufgenommen als aus der konzentrierteren.

2. Ist die Grenze der Aufnahme für beide Ionen des Salzes die gleiche oder ist sie verschieden?

Nachdem ich im vorigen Abschnitte gezeigt habe, daß die untersuchten Salze nicht bis zum physikalischen Gleichgewicht eindringen, und dabei jedes Ion für sich betrachtete, will ich in diesem Teile das Verhalten meiner Objekte gegen beide Ionen eines Salzes

näher behandeln. Die zahlreichen Versuche und deren Ergebnisse habe ich in den Tabellen IV, V, VI und VII zusammengefaßt.

Aus Tab. IV ersehen wir, daß stets das Anion und das Kation bis zu einem verschiedenen Konzentrationsverhältnis aufgenommen werden. Zumeist ist eine größere Abnahme der Kationen in der Außenlösung zu verzeichnen, aber auch beim Anion kann dieses vorkommen. Wir haben es also mit einem verschiedenen Aufnahmevermögen der Zelle für das Anion und Kation eines Salzes zu tun.

Versuch 1 in Tabelle IV ergibt mit *Daucus* für Ammoniumnitrat die Grenze für das Anion bei einer Abnahme von 7,89 % = C. V. von $\frac{18{,}93}{100}$. Das Kation erleidet eine fast doppelt so große Abnahme, der Wert ist 13,75 % = C. V. von $\frac{35{,}23}{100}$. Diesem Verhalten schließt sich Kaliumsulfat eng an, bei welchem das Anion SO_4'' einen C. V. von $\frac{17{,}39}{100}$ und das Kation C. V. = $\frac{40{,}21}{100}$ aufweisen. In beiden Fällen haben die C. V. der Kationen ihren Grenzwert noch nicht erreicht. Die Plasmahaut ist wenigstens bis zur Erreichung eines C. V. von $\frac{35{,}23}{100}$ für NH_4' und von $\frac{40{,}21}{100}$ für K' permeabel, dagegen ist schon bei dem Anion für NO_3' = $\frac{18{,}93}{100}$ und für SO_4'' = $\frac{17{,}39}{100}$ eine Permeabilitätsgrenze vorhanden.

Für die weiteren, in Tabelle V mitgeteilten Versuche diente *Beta vulgaris* als Objekt.

An erster Stelle stehen die Kaliumsalze, und zwar Kaliumnitrat und Kaliumsulfat. Die Permeabilitätsgrenze liegt für das Kaliumion im Kaliumnitrat bei einem C. V. von $\frac{25{,}43}{100}$, im Kaliumsulfat bei C. V. = $\frac{34{,}43}{100}$. Die Anionen hingegen zeigen viel tiefere Werte, und zwar liegt für das erstere Salz die Grenze bei einer sechsmal geringeren Konzentration und bei dem zweiten bei einer viermal geringeren, sodaß die C. V. $\frac{3{,}83}{100}$ und $\frac{7{,}26}{100}$ betragen. Bei den nun folgenden Natrium-Salzen ist der interessante Fall zu konstatieren, daß das Kation Na' aus Natriumnitrat in erheblicher Menge aufgenommen wird, während das Anion keine Aufnahme erfährt.

Chlornatrium gibt ein Beispiel dafür, daß die Permeabilitätsgrenze des Anions etwas höher liegt als die des Kations; denn es ist für $Na^{\cdot}$ das C. V. $\frac{8,62}{100}$ für Cl' $\frac{11,85}{100}$. Wenden wir uns nun zu den Versuchen mit 0,4 % und 0,08 % Lösungen von $CaCl_2$. In beiden Fällen ist die Aufnahme für das Cl' als 0 zu bezeichnen. Das C. V. für die Kationen $Ca^{\cdot\cdot}$ liegt in der konzentrierteren Lösung bei $\frac{12,92}{100}$, während es bei der verdünnten Chlorcalciumlösung bis zu $\frac{52,11}{100}$ steigt. Am Schlusse stehen die Magnesiumsalze $MgCl_2$ und $Mg(NO_3)_2$. Auch hier sind verschiedene Konzentrationen angewandt. Bei der 0,22 proz. Chlormagnesiumlösung liegt die Permeabilitätsgrenze für das Kation bei einem C. V. von $\frac{14}{100}$, die für das Anion bei $\frac{11,54}{100}$, während sich bei der verdünnten Lösung von 0,045 % Chlormagnesium *Beta vulgaris* vollständig impermeabel für das Anion Cl' erweist. Das Kation $Mg^{\cdot\cdot}$ wird indessen bis zu einem C. V. von $\frac{10,74}{100}$ aufgenommen, für die konzentriertere Lösung ist eine größere Abnahme von $Mg^{\cdot\cdot}$ in der Außenlösung zu verzeichnen, also ein anderes Verhalten wie für das Calciumion, wo das Umgekehrte der Fall war. In den Magnesiumnitratlösungen von 0,3 % und 0,06 % verhält sich das Kation gleich. Für 0,3 % $Mg(NO_3)_2$ erhält man die Permeabilitätsgrenze bei einem C. V. von $\frac{13,95}{100}$, für 0,06 % liegt sie ein wenig tiefer bei $\frac{7,03}{100}$. Die Anionen hingegen weichen bedeutend ab. Bei der ersteren Lösung liegt das C. V. für $NO_3' = \frac{17,45}{100}$, während bei der zweiten der hohe Wert von $\frac{41,24}{100}$ erreicht wird. In diesen Versuchen scheint die verschiedene Konzentration einen erheblichen Einfluß auf die Permeabilitätsgrenze des Anions auszuüben, dahingehend, daß dieselbe für das Anion weit auseinander gerückt wird.

Wir sehen aus den verschiedenen Resultaten, daß die Grenze der Aufnahme für beide Ionen eine verschiedene ist, und die Differenzen der C. V. von Anion und Kation eines Salzes bis zu $\frac{52,11}{100}$ betragen können, wie der Versuch 6 in Tabelle V es lehrt. Es

geht daraus mit aller Sicherheit hervor, daß die Regulation der Aufnahme für jedes der beiden Ionen eines Salzes selbständig eintritt.

Im Anschluß an die vorhergehenden Versuche, bei denen ein Ion immer seinen konstanten Wert erreichte, will ich zur weiteren Illustrierung noch einige Versuche zur Sprache bringen, in welchen während der Versuchsdauer keine Sistierung der Aufnahme zu beobachten war. Auch hier läßt sich in allen Fällen ein deutlicher Unterschied in der Aufnahme von Anion und Kation erkennen. Tabelle VI enthält die für *Daucus Carota* gefundenen Werte.

Tabelle VI.

Versuchsobjekt: *Daucus Carota.*

Nummer	Angewandte Lösungen	Prozentgehalt	Zeitdauer zwisch. Beginn des Versuches u. Ausführung d. Bestimmung	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Kation	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Anion	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung. C. V. für das Kation	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung. C. V. für das Anion
	NH_4-Salze.						
1	$(NH_4)_2S_2O_3$	1,0	2 Tage	15,99	11,49	$\frac{42,06}{100}$	$\frac{28,70}{100}$
2	$(NH_4)_2HPO_4$	1,0	2 „	17,32	5,28	$\frac{46,81}{100}$	$\frac{12,32}{100}$
3	$(NH_4)_2HPO_4$	2,0	2 „	18,07	10,24	$\frac{48,76}{100}$	$\frac{25,21}{100}$
4	NH_4NO_3	1,0	2 Tage	18,33	14,95	$\frac{49,60}{100}$	$\frac{38,84}{100}$
5	„	2,0	2 „	14,23	11,29	$\frac{36,66}{100}$	$\frac{28,14}{100}$
	K-Salze.						
6	KCl	0,5	2 Tage	14,48	11,52	$\frac{37,42}{100}$	$\frac{28,79}{100}$
	„	0,5	4 „	19,88	14,87	$\frac{54,85}{100}$	$\frac{38,61}{100}$
	Na-Salze.						
7	$NaNO_3$	0,5	2 Tage	23,97	10,72	$\frac{69,67}{100}$	$\frac{26,55}{100}$
	„	0,5	4 „	25,20	13,53	$\frac{74,48}{100}$	$\frac{34,59}{100}$
8	Na_2SO_4	0,5	2 Tage	20,41	5,39	$\frac{56,69}{100}$	$\frac{12,60}{100}$
	„	0,5	4 „	22,66	8,02	$\frac{64,77}{100}$	$\frac{19,28}{100}$
9	NaCl	0,5	2 Tage	15,68	10,47	$\frac{41,11}{100}$	$\frac{25,83}{100}$
	„	0,5	4 „	18,14	12,21	$\frac{48,99}{100}$	$\frac{30,74}{100}$

An erster Stelle stehen die Ammonsalze, von denen

1 % $(NH_4)_2S_2O_3$, 1 % $(NH_4)_2HPO_4$, 1 % NH_4NO_3
1 % „ 2 % „ 2 % „

untersucht wurden. Bei allen Ammonsalzen wird das Kation NH_4' während der Versuchsdauer in einem höheren Konzentrations-Verhältnisse aufgenommen als die entsprechenden Anionen. Die absolute Konzentration der benutzten Salzlösungen scheint keinen Einfluß auf die Konzentrationsverhältnisse auszuüben, die Aufnahme verläuft also etwa proportional der Außenkonzentration. Betrachten wir nun die zwei Versuche mit 1 % und 2 % $(NH_4)_2HPO_4$-Lösung. In beiden Fällen erreicht C. V. für das Kation den gleichen Wert, nämlich

$\frac{46{,}31}{100}$ bei Anwendung von 1proz. Lösung

und

$\frac{48{,}76}{100}$ bei Anwendung von 2proz. Lösung.

Es könnte nun erscheinen, als bewirke die doppelte Konzentration auch ein verdoppeltes C. V. für das Anion. Im Gegensatz zu diesem stehen die Tatsachen bei den 1- und 2proz. Ammoniumnitratlösungen. Hier sinken die Werte der C. V. für das Kation und das Anion bei der konzentrierten Lösung, für NH_4' von $\frac{49{,}60}{100}$ auf $\frac{36{,}66}{100}$, für NO_3' von $\frac{38{,}84}{100}$ auf $\frac{28{,}14}{100}$. Alle vier Versuche wurden an demselben Tage mit gleichem Material und gleicher Behandlungsweise eingeleitet und durchgeführt. Wenn sich auch die Versuchsdauer nur über 2 Tage erstreckt, so ist doch der Unterschied zwischen der Aufnahme des Kations und der des Anions deutlich erkennbar.

Am Schlusse des vorangegangenen Kapitels erwähnte ich den Einfluß der Konzentration auf die absoluten Mengen, die meine Objekte aufnehmen. An den soeben geschilderten Versuchen möchte ich nun den gleichen Einfluß erörtern. Wie wir gesehen, war ein solcher auf das C. V. nicht immer zu bemerken. Dagegen zeigt sich, daß mit steigender Konzentration der Außenlösung die absoluten vom Objekt aufgenommenen Mengen einen höheren Wert erreichen; dieses Verhalten bestätigen z. B. die Versuche 2 bis 5 in Tab. VI. Aus den 2proz. Lösungen wird eine größere absolute Menge aufgenommen. Hier ergeben sich die folgenden Werte:

In 100 g *Daucus* sind absolute Mengen enthalten bei Anwendung von

	Kation	Anion
1 % NH_4NO_3 . .	46,00 ccm $^1/_{10}$ n NH_3	73,6 ccm NO
2 „ „ . .	68,00 „ „	115,6 „ „
1 „ $(NH_4)_2HPO_4$.	44,00 „ „	0,096 „ $Mg_2P_2O_7$
2 „ „ .	90,00 „ „	0,360 „ „

Die Experimente mit den Kalium- und Natriumsalzen erstrecken sich auf eine Dauer von 4 Tagen. Für Chlorkalium ist am 2. Tage die Differenz zwischen dem C. V. der Kationen und Anionen $\frac{9}{100}$, am 4. Tage erhöht sich dieselbe auf $\frac{16}{100}$. Bezüglich der Versuche mit Natriumsalzen will ich bemerken, daß die prozentische Abnahme während der ersten 2 Tage fast 10 mal so groß ist als die, die zwischen dem 2. und 4. Tage, so daß, wenn noch keine absolute Sistierung der Aufnahme stattfindet, so doch eine starke Hemmung zu beobachten ist.

Am Schlusse dieses zweiten Abschnittes gebe ich nun noch in nebenstehender Tab. VII eine Zusammenstellung derjenigen Versuche mit *Beta vulgaris*, in denen während der Versuchsdauer auch keine konstanten Werte erreicht wurden.

Alle Ammonsalze zeigen bezüglich der Abnahme zwischen Kationen und Anionen in der Außenlösung eine große Differenz, was besonders stark bei dem Phosphat und Sulfat hervortritt; die Richtung der Differenz ist derartig, daß die Anionen PO_4''' $\left(\frac{5,85}{100}\right)$ und SO_4'' $\left(\frac{3}{100}\right)$ in geringem Maße aufgenommen werden, während für das Kation NH_4' die Werte $\frac{41,52}{100}$ und $\frac{18,98}{100}$ erreicht wurden. Von den Kalisalzen ist zu bemerken, daß bei Kaliumnitrat in diesem Falle das Aufnahmevermögen der Zelle für das Anion NO_3' eine größere ist als für K', indem das C. V. für K' $\frac{20,85}{100}$, für NO_3' $\frac{32,64}{100}$ beträgt. Der auffallende Unterschied gegenüber dem in Tab. V unter Nr. 1 angeführten Versuch, in welchem nur sehr wenig von dem NO_3'-Ion aufgenommen, ist durch den Einfluß der Jahreszeit zu erklären, von dem späterhin noch ausführlicher die Rede sein wird (s. S. 40 [542]).

Tabelle VII.

Versuchsobjekt: *Beta vulgaris*.

Nummer	Angewandte Lösungen	Prozentgehalt	Zeitdauer zwisch. Beginn des Versuches u. Ausführung d. Bestimmung	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Kation	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Anion	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung. C. V. für das Kation	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung. C. V. für das Anion
	NH_4-Salze.						
1	$(NH_4)_2S_2O_3$	1,0	2 Tage	14,81	4,26	$\frac{35,30}{100}$	$\frac{9,03}{100}$
2	„	1,0	2 „	7,09	4,03	$\frac{17,71}{100}$	$\frac{9,75}{100}$
3	NH_4Cl	1,0	2 Tage	13,78	7,61	$\frac{32,45}{100}$	$\frac{16,72}{100}$
4	„	1,0	2 „	11,59	7,03	$\frac{30,42}{100}$	$\frac{17,54}{100}$
5	$(NH_4)HPO_4$	1,0	2 „	15,18	2,45	$\frac{41,52}{100}$	$\frac{5,85}{100}$
6	$(NH_4)_2SO_4$	1,0	2 „	7,56	1,27	$\frac{18,98}{100}$	$\frac{3,00}{100}$
	K-Salze.						
7	KNO_3	1,0	2 Tage	8,24	12,33	$\frac{20,85}{100}$	$\frac{32,64}{100}$
8	KCl	1,0	2 „	7,39	4,58	$\frac{18,51}{100}$	$\frac{11,14}{100}$
	Ca-Salze.						
9	$Ca(NO_3)_2$	1,0	2 Tage	6,03	—	$\frac{14,90}{100}$	—
	„	1,0	4 „	9,87	6,10	$\frac{25,39}{100}$	$\frac{15,08}{100}$
	Mg-Salze.						
10	$MgCl_2$	0,22	2 Tage	5,16	3,65	$\frac{12,63}{100}$	$\frac{8,78}{100}$
	„	0,22	4 „	5,31	4,17	$\frac{13,02}{100}$	$\frac{10,09}{100}$
11	$Mg(NO_3)_2$	0,06	2 Tage	4,53	13,74	$\frac{8,69}{100}$	$\frac{36,97}{100}$
	„	0,06	4 „	4,97	16,89	$\frac{11,01}{100}$	$\frac{47,17}{100}$

Bei Chlorkalium lassen sich nur die bereits gefundenen Unterschiede erkennen, indem das Konzentrationsverhältnis für das Kation höher liegt als für das Anion, ein Verhalten, dem sich Calciumnitrat und Chlormagnesium anschließen, während bei Magnesiumnitrat das umgekehrte Verhältnis zutrifft, weil das Kation $Mg^{\cdot\cdot}$ ein C. V. von $\frac{11,01}{100}$, das Anion NO_3' von $\frac{47,17}{100}$ aufweist.

Es ergeben also die noch nicht bis zur Konstanz durchgeführten Versuche dasselbe Resultat wie die vorigen, daß nämlich die Abnahme der Außenlösung, also mithin die C. V., einen Unterschied zwischen Anionen und Kationen zeigen, der recht erhebliche Werte annehmen kann. Die Versuchsreihe bestätigt das bereits früher gewonnene Ergebnis, daß die Grenze der Aufnahme für die beiden Ionen eines Salzes eine verschiedene sein kann. Demnach muß die Eigenschaft des Protoplasten einen regulatorischen Einfluß auf die Aufnahme der Ionen ausüben.

3. Existieren für die Aufnahme der beiden Ionen eines Salzes zeitliche Verschiedenheiten?

Im Schlusse des soeben behandelten Abschnittes deutete ich darauf hin, daß es auch Salze gibt, deren Ionen anfangs in äquivalentem Maße aufgenommen werden, ein Verhältnis, daß sich jedoch mit der Zeit ändern kann, indem die Aufnahme eines Ions früher und stärker gehemmt wird als die des anderen. Tab. VIII und IX illustrieren derartige Fälle.

Der erste Versuch von *Daucus Carota* mit 0,5 proz. Kaliumnitratlösung ergibt eine normale Aufnahme beider Ionen, am 2. Tage zeigen sich die gleichen C. V. wie am 4., wo nur eine geringe Differenz zugunsten des Anions zu erkennen ist. Ich bringe den Versuch hier zur Sprache, denn er zeigt im Gegensatz zu den folgenden, daß die zeitlichen Verschiedenheiten in der Aufnahme der beiden Ionen unter Umständen minimal sind. Ein wesentlich anderes Bild gewähren aber die Versuche 5 und 6 mit 0,05 proz. und 0,22 proz. Chlormagnesiumlösung. Es werden für die 0,05 proz. Chlormagnesiumlösung am 2. Tage die gleichen Werte erreicht, für $Mg^{\cdot} \frac{56,33}{100}$, für $Cl' \frac{57,77}{100}$; nach weiteren 48 Stunden hingegen ist eine ungleichmäßige Zunahme dieser beiden Ionen zu verzeichnen, indem die Aufnahme des Kations $Mg^{\cdot\cdot}$ bis zum C. V. $\frac{77,41}{100}$ und $\frac{89,54}{100}$ für Chlor gefunden wurden. Diesem Versuche schließt sich der folgende mit 0,22 % Chlormagnesium an, bei dem sogar in der ersten Kontrolle das C. V. des Anions tiefer liegt:

$$\text{C. V. für } Mg^{\cdot\cdot} \quad \frac{32,73}{100}$$

$$\text{C. V. für } Cl' \quad \frac{28,60}{100}$$

um nach 2 Tagen den höchsten Wert zu zeigen

$$\text{C. V. für } Mg^{\cdot\cdot} \quad \frac{33{,}62}{100}$$

$$\text{C. V. für } Cl' \quad \frac{37{,}74}{100}$$

Tabelle VIII.

Versuchsobjekt: *Daucus Carota.*

Nummer	Angewandte Lösungen	Prozentgehalt	Zeitdauer zwisch. Beginn des Versuches u. Ausführung d. Bestimmung	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Kation	Abn. für das Anion	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung. C. V. für das Kation	C. V. für das Anion
	K-Salze.						
1	KNO_3	0,5	2 Tage	17,88	17,35	48,12/100	46,39/100
	„	0,5	4 „	19,48	20,66	53,47/100	57,56/100
2	KCl	0,5	2 Tage	14,48	11,52	37,42/100	28,79/100
	„	0,5	4 „	19,88	14,87	54,85/100	38,61/100
	Ca-Salze.						
3	$CaCl_2$	0,4	2 Tage	10,90	9,40	27,04/100	22,93/100
	„	0,4	4 „	11,32	10,90	28,22/100	27,05/100
4	$CaCl_2$	0,08	2 Tage	25,22	20,00	74.54/100	55,26/100
	„	0,08	4 „	27,70	27,85	84,69/100	85,35/100
	Mg-Salze..						
5	$MgCl_2$	0,05	2 Tage	20,31	20,72	56,33/100	57,77/100
	„	0,05	4 „	25,94	28,83	77,41/100	89,54/100
6	$MgCl_2$	0,22	2 Tage	12,90	11,46	32,73/100	28,60/100
	„	0,22	4 „	13,20	14,58	33,62/100	37,74/100

Zwei weitere Beispiele dieser Art stellen die Ergebnisse der Versuche mit Lösungen von 0,4- und 0,08 proz. Chlorcalcium dar. Es tritt hier am 2. Tage ein deutlicher Unterschied zwischen den C. V. der Kationen und Anionen auf. Ich fand

	C. V. für das Kation	für das Anion
aus der 0,4 proz. $CaCl_2$-Lösung	$\frac{27,04}{100}$	$\frac{22,93}{100}$
„ „ 0,08 „ „ „	$\frac{74,54}{100}$	$\frac{55,26}{100}$

Nach weiteren 2 Tagen hingegen finden sich keine Unterschiede zwischen den C. V. Beide Ionen erfahren eine Aufnahme, aber während diese Permeabilität der Plasmahaut für das Anion zuerst eine weniger günstige war, ändert sich dieselbe, und es tritt nun das Gegenteil ein, indem jetzt das Kation weniger aufgenommen wird, und man nun findet:

	C. V. für das Kation	für das Anion
aus 0,4 proz. $CaCl_2$-Lösung	$\frac{28,22}{100}$	$\frac{27,05}{100}$
„ 0,08 „ „ „	$\frac{84,69}{100}$	$\frac{85,35}{100}$

Bei einer 0,5 proz. Chlorkaliumlösung (Versuch 2) betragen die C. V. des Kations und des Anions am 2. Tage $\frac{37,42}{100}$ und $\frac{28,79}{100}$, am 4. Tage C. V. für $K^{\cdot}$ $\frac{54,85}{100}$ für Cl' $\frac{38,61}{100}$. Es wird also das Kation vom Objekt während dieser Zeitdauer in erhöhtem Maße aufgenommen, und zwar beträgt bei der ersten Kontrolle die Differenz der C. V. 9 und steigert sich innerhalb 2 weiteren Tagen auf 16.

Auch für *Beta* habe ich eine solche zeitliche Verschiedenheit der Aufnahme der beiden Ionen konstatieren können, die in nebenstehender Tabelle IX angeführt sind.

Es sind nur zwei Beispiele, aber auch sie bestätigen die vorhergehenden Ergebnisse. Der Versuch mit *Beta vulgaris* in 0,5 proz. Chlorkaliumlösung ergab ein ähnliches Resultat wie der mit *Daucus* in 0,08 proz. Chlorcalciumlösung. Es treten am 2. Tage Differenzen zwischen den C. V. von Kation und Anion auf, die bis zum 4. ausgeglichen werden. An Versuch 2 mit salpetersaurem Ammon kann man auch die zeitliche regulatorische Veränderung der Aufnahme beobachten. Die erste Kontrolle nach 2 Tagen ergibt:

	$NH_4^{\cdot}$	NO_3'
C. V. =	$\frac{23,80}{100}$	$\frac{19,14}{100}$
die zweite Untersuchung nach 4 Tagen: C. V. =	$\frac{25,01}{100}$	$\frac{28,93}{100}$

Ein ganz entsprechendes Ergebnis hatte der unter Nr. 3 angeführte Versuch mit NH_4NO_3-Lösung.

Tabelle IX.

Versuchsobjekt: *Beta vulgaris.*

Nummer	Angewandte Lösungen	Prozentgehalt	Zeitdauer zwisch. Beginn des Versuches u. Ausführung d. Bestimmung	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Kation	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Anion	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung C. V. für das Kation	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung C. V. für das Anion
	K-Salze.						
1	KCl	0,5	2 Tage	8,46	6,32	$\frac{19,80}{100}$	$\frac{14,45}{100}$
	„	0,5	4 „	8,84	8,55	$\frac{20,78}{100}$	$\frac{20,04}{100}$
	NH_4-Salze.						
2	NH_4NO_3	1,0	2 Tage	10,30	8,62	$\frac{23,30}{100}$	$\frac{19,14}{100}$
	„	1,0	4 „	10,97	12,47	$\frac{25,01}{100}$	$\frac{28,93}{100}$
3	NH_4NO_3	1,0	2 Tage	7,91	4,61	$\frac{19,92}{100}$	$\frac{11,20}{100}$
	„	1,0	4 „	8,70	8,11	$\frac{22,11}{100}$	$\frac{20,50}{100}$

Wie aus den Tabellen ersichtlich ist, kann man die Frage, ob für die Aufnahmen der beiden Ionen eines Salzes zeitliche Verschiedenheiten existieren, auf Grund der angeführten Versuche bejahen. In einigen Fällen findet zwar die Aufnahme beider Ionen gleichmäßig statt, meistens aber wird sie während des Versuchs für das eine von ihnen relativ gehemmt resp. gefördert.

4. Verhält sich das gleiche Ion in verschiedenen Salzen gleich oder verschieden?

Nachdem wir in den zwei vorigen Abschnitten das verschiedene Verhalten der Plasmahaut von *Daucus Carota* und *Beta vulgaris* gegen die Ionen eines und desselben Salzes beobachten konnten, drängt sich nun von selbst die Frage auf, wie sich das gleiche Ion in verschiedenen Salzen verhält, ob die Aufnahme immer bis zu einem bestimmten C. V. vonstatten geht, gleichgültig in welcher chemischen Verbindung das Ion geboten wird, oder ob dessen Aufnahme durch die Bindungsweise beeinflußt wird.

Zunächst sei betont, daß man bei dem Vergleiche derartiger Versuche auf den Umstand Rücksicht nehmen muß, daß das Verhalten der Objekte sich mit der Jahreszeit ändern kann, wie es bereits von Nathansohn[1]) konstatiert worden ist. Es wird z. B. häufig im Herbst weniger von den dargebotenen Salzen in die Zellen des Objektes aufgenommen als im Frühjahr. So verhält sich *Beta vulgaris* gegenüber Kaliumnitrat. Die Vergleichung der Werte ergibt folgendes:

für KNO_3-Lösung	C. V. des Kations $K^{\cdot}$	des Anion NO_3'
analysiert am 27. XI. . . .	$\frac{20{,}85}{100}$	$\frac{32{,}64}{100}$
analysiert am 7. V.	$\frac{25{,}43}{100}$	$\frac{3{,}83}{100}$

Wir sehen, daß das C. V. des Kalium fast dasselbe geblieben ist, während sich für das Anion ein großer Unterschied zwischen Frühling und Herbst ergibt. Im Spätherbst haben wir für NO_3' $\frac{32{,}64}{100}$, im Frühjahr ein Zehntel davon, fast 0.

Eine andere Verschiedenheit des Verhaltens der Zellen gegen gleiche Ionen eines Salzes wird bedingt durch die Konzentration der Lösung. So kann das C. V. z. B. bei starker Verdünnung sowohl steigen als auch fallen[2]). Dieses verschiedene physiologische Verhalten der Plasmahaut, welches durch die fallende Konzentration hervorgerufen wird, sollen die nachstehenden Versuche erläutern.

a) *Daucus Carota* bei einer Anwendung von

Lösung von	Zeitdauer	C.V. des Kations	des Anions
1. 0,4 % $CaCl_2$ . . .	4 Tage	$\frac{28{,}22}{100}$	$\frac{27{,}05}{100}$
0,08 „ „ . . .	4 „	$\frac{84{,}69}{100}$	$\frac{85{,}35}{100}$
2. 0,20 % $MgCl_2$ . .	4 Tage	$\frac{33{,}62}{100}$	$\frac{37{,}44}{100}$
0,05 „ „ . .	4 „	$\frac{74{,}41}{100}$	$\frac{89{,}54}{100}$

Wir sehen hier zunächst, daß bei *Daucus Carota* die C. V. für beide Ionen mit der Verdünnung der Salzlösung steigen.

1) Über die Regulation der Aufnahme anorganischer Salze durch die Knollen von *Dahlia*. Jahrb. f. wiss Bot., Bd. XXXIX, S. 612.

2) Nathansohn, a. a O.

b) *Beta vulgaris* bei Anwendung von

	Lösung von	Zeitdauer	C. V. des Kations	des Anions
1.	0,4 % $CaCl_2$ . . .	4 Tage	$\frac{12,92}{100}$	$\frac{0,88}{100}$
	0,08 „ „ . . .	4 „	$\frac{52,11}{100}$	$\frac{0}{100}$

Für *Beta* ändert sich das Kation $Ca^{\cdot\cdot}$, indem dasselbe auch in der 0,08 proz. Lösung ein höheres C. V. aufweist, während das Anion unverändert den Wert 0 behält.

	Lösung von	Zeitdauer	C. V. des Kations	des Anions
2.	0,2 % $MgCl_2$ . .	4 Tage	$\frac{14,00}{100}$	$\frac{11,54}{100}$
	0,05 „ „ . .	4 „	$\frac{11,46}{100}$	$\frac{0}{100}$

Bei Anwendung verdünnter Magnesiumchloridlösungen tritt der umgekehrte Fall ein. Aus der 0,2 proz. Chlormagnesiumlösung wurden Kation und Anion in einem größeren C. V. aufgenommen. Besonders gilt dies für das Anion, welches in der 0,05 proz. Lösung das C. V. $\frac{0}{100}$ zeigt und in der 0,2 proz. $MgCl_2$-Lösung bis zu einem C. V. von $\frac{11,54}{100}$ Aufnahme findet.

Als dritter Fall sei das Verhalten von Magnesiumnitrat erwähnt. Bei Anwendung einer 0,3 proz. Lösung dieses Salzes wird das Kation wie das Anion in einem ziemlich gleichen C. V. aufgenommen, hingegen aus 0,06 % fällt das C. V. für Mg, während das des Anions eine bedeutende Zunahme erfährt.

	Lösung von	Zeitdauer	C. V. des Kations	des Anions
3.	0,3 % $Mg(NO_3)_2$.	4 Tage	$\frac{13,95}{100}$	$\frac{12,55}{100}$
	0,06 „ „ . .	4 „	$\frac{7,03}{100}$	$\frac{41,24}{100}$

Nach diesen Resultaten scheinen die Zellen ihr physiologisches Verhalten bei Verdünnung einer Lösung zu ändern. Das Konzentrationsverhältnis (C. V.) nimmt zumeist in den verdünnten Lösungen einen höheren Wert an. Um dieses Verhalten genauer zu prüfen, müssen noch weitere Versuche angestellt werden.

Nachdem ich das Verhalten der Objekte in verdünnten Lösungen erörtert habe, will ich zur Besprechung des eigentlichen Themas gehen.

Tabelle X.

Versuchsobjekt: *Daucus Carota.*

Nummer	Angewandte Salzlösungen mit gleichen Kationen	Prozentgehalt	Dauer des Versuches	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung zur Außenlösung. C. V. für das Kation	Nummer	Angewandte Salzlösungen mit gleichen Anionen	Prozentgehalt	Dauer des Versuches	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung zur Außenlösung. C. V. für das Anion
	NH_4-Salze.					Chloride.			
1	$(NH_4)_2S_2O_3$	1,0	2 Tage	$\frac{42,06}{100}$	1	KCl	0,5	4 Tage	$\frac{38,61}{100}$
2	$(NH_4)_2HPO_4$	1,0	2 „	$\frac{46,31}{100}$	2	NaCl	0,5	4 „	$\frac{30,74}{100}$
3	NH_4NO_3	1,0	2 Tage	$\frac{49,60}{100}$	3	$CaCl_2$	0,4	4 Tage	$\frac{27,05}{100}$
4	NH_4NO_3	1,0	2 „	$\frac{30,20}{100}$	4	$MgCl_2$	0,2	4 „	$\frac{37,74}{100}$
	K-Salze.					Sulfate.			
5	KNO_3	0,5	4 Tage	$\frac{53,47}{100}$	5	K_2SO_4	0,5	4 Tage	$\frac{17,39}{100}$
6	KCl	0,5	4 „	$\frac{54,85}{100}$	6	Na_2SO_4	0,5	4 „	$\frac{19,28}{100}$
7	K_2SO_4	0,5	4 „	$\frac{40,21}{100}$		Nitrate.			
	Na-Salze.				7	KNO_3	0,5	4 Tage	$\frac{57,56}{100}$
8	$NaNO_3$	0,5	4 Tage	$\frac{74,48}{100}$	8	$NaNO_3$	0,5	4 „	$\frac{34,59}{100}$
9	NaCl	0,5	4 „	$\frac{48,99}{100}$					
10	Na_2SO_4	0,5	4 „	$\frac{64,77}{100}$					

Die Tabelle X enthält die Zusammenstellung der Salze mit gleichen Ionen und die dazu gehörigen C. V. für *Daucus Carota.* Wir beginnen mit den Ammonsalzen. Bei diesen wird das Kation NH_4 während einer Versuchsdauer von 2 Tagen in allen Fällen bis zu fast demselben C. V. aufgenommen. Der Versuch 4 ist eine Kontrolle des 3., er zeigt ein niedrigeres C. V. als der vorhergehende an, welches auf das verschiedene physiologische Verhalten des Objektes zurückzuführen ist. Bei Betrachtung der Kalisalze finden wir in erster Linie, daß das C. V. bei Aufnahme des Kations $K^{\cdot}$ gleich ist, gleichviel, ob dieses an Cl' oder an NO_3' gebunden ist. Nur in Verbindung mit SO_4'' wird der Wert für das C. V. um $\frac{13,00}{100}$ niedriger. Die sich anschließenden Natriumsalze ergeben für das Kation $Na^{\cdot}$ im Verband mit NO_3', SO_4'', Cl' ver-

schiedene C. V., und es scheint, daß diese ihre Ursache in eben dieser verschiedenen Bindungsweise haben. Die C. V. ergeben für $Na^{\cdot}$ aus

$$0{,}05\ \%\ NaNO_3 \quad C.\,V = \frac{74{,}48}{100}$$

$$0{,}05\ \text{„}\ Na_2SO_4 \quad C.\,V. = \frac{64{,}77}{100}$$

$$0{,}05\ \text{„}\ NaCl \quad C.\,V. = \frac{48{,}99}{100}$$

Das Anion Cl' zeigt bei Kuppelung mit Kalium und Natrium keine bemerkenswerten Abweichungen der C. V., nur das Cl' aus Chlorcalcium weist einen etwas niedrigeren Wert auf. Das Chlor bei Chlormagnesium würde, wie ich vermute, auch einen niedrigeren Wert ergeben, wenn das $MgCl_2$ in einer Konzentration von 0,5 % angewandt worden wäre; denn ich habe am Anfang gezeigt, daß bei *Daucus* mit der Verdünnung die C. V. steigen. Das Anion SO_4'' mit Kalium und Natrium verbunden, ergibt gleiche Aufnahme. Dagegen ist für NO_3' bei Anwendung von Kalium- oder Natriumnitrat eine große Differenz der C. V. zu konstatieren. Man erhält für NO_3' bei

	0,5 % KNO_3	0,5 % $NaNO_3$
C. V.	$\frac{57{,}56}{100}$	$\frac{34{,}59}{100}$

Bei *Beta vulgaris* bemerkten wir nicht solch große Regelmäßigkeiten, wie umstehende Tab. XI zeigt.

So schwanken für das gleiche Kation $NH_4^{\cdot}$ die C. V. bei verschiedenen Ammonsalzen zwischen $\frac{18{,}98}{100}$ und $\frac{41{,}52}{100}$. In der Versuchsdauer von 2 Tagen war keine Konstanz des $NH_4^{\cdot}$ zu erreichen. Bei diesen großen Differenzen, welche hier nach 48 Stunden zutage treten, muß bei Anwendung der verschiedenen Salze eine ungleiche Aufnahmefähigkeit des $NH_4^{\cdot}$ durch die Plasmahaut angenommen werden, da alle Versuche unter gleichen Bedingungen und mit der gleichen Konzentration durchgeführt wurden. Das Ergebnis ist z. B. für $NH_4^{\cdot}$ aus $(NH_4)_2SO_4$ $\frac{18{,}98}{100}$, für $NH_4^{\cdot}$ aus $(NH_4)_2HPO_4$ dagegen $\frac{41{,}52}{100}$, also eine Differenz von $\frac{22}{100}$. Das Kation $Na^{\cdot}$ zeigt ein ganz verschiedenes C. V., je nachdem es in Bindung mit dem Anion Cl' oder mit NO_3' ist. Im ersteren Falle ist C. V. = $\frac{8{,}62}{100}$

Tabelle XI.

Versuchsobjekt: *Beta vulgaris.*

Durch [H] wird angezeigt, daß der Versuch im Herbst ausgeführt wurde.

Nummer	Angewandte Salzlösungen mit gleichen Kationen	Prozentgehalt	Dauer des Versuches	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung zur Außenlösung. C. V. für das Kation
	NH_4-Salze.			
1	$(NH_4)_2S_2O_3$	1,0	2 Tage	35,30 / 100
2	NH_4Cl	1,0	2 „	32,45 / 100
3	„	1,0	2 „	30,42 / 100
4	$(NH_4)_2HPO_4$	1,0	2 „	41,52 / 100
5	$(NH_4)_2SO_4$	1,0	2 „	18,98 / 100
6	NH_4NO_3	1,0	2 „	23,30 / 100
7	„	1,0	2 „	26,58 / 100
	Na-Salze.			
8	$NaNO_3$	0,5	4 Tage	49,02 / 100
9	$NaCl$	0,5	4 „	8,62 / 100
	Ca-Salze.			
10	$Ca(NO_3)_2$	1,0	4 Tage	25,39 / 100
11	$CaCl_2$	0,4	4 „	12,92 / 100
	Mg-Salze.			
12	$Mg(NO_3)_2$	0,3	4 Tage	13,95 / 100
13	$MgCl_2$	0,2	4 „	14,00 / 100
	K-Salze.			
14	KNO_3	0,5	4 Tage	25,43 / 100
15	K_2SO_4	0,5	4 „	34,43 / 100
16	KCl	0,5	4 „	20,78 / 100
17	KNO_3 [H]	1,0	2 Tage	20,85 / 100
18	KCl [H]	1,0	2 „	18,51 / 100

Nummer	Angewandte Salzlösungen mit gleichen Anionen.	Prozentgehalt	Dauer des Versuches	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung zur Außenlösung. C. V. für das Anion
	Nitrate.			
1	NH_4NO_3	1,0	4 Tage	28,93 / 100
2	„	1,0	4 „	20,50 / 100
3	$Ca(NO_3)_2$	1,0	4 „	15,08 / 100
4	KNO_3 [H]	1,0	4 „	32,60 / 100
5	KNO_3	0,5	4 „	3,85 / 100
6	$NaNO_3$	0,5	4 „	0 / 100
7	$Mg(NO_3)_2$	0,3	4 „	12,55 / 100
	Chloride.			
8	NH_4Cl	1,0	2 Tage	16,72 / 100
9	„	1,0	2 „	17,54 / 100
10	KCl [H]	1,0	2 „	11,14 / 100
11	KCl	0,5	4 „	20,84 / 100
12	$NaCl$	0,5	4 „	11,83 / 100
13	$CaCl_2$	0,4	4 „	0,88 / 100
14	$MgCl_2$	0,2	4 „	11,54 / 100

(NaCl), im zweiten Falle $\frac{49{,}02}{100}$ ($NaNO_3$). Hier dürfte die Permeabilität der Plasmahaut für Natrium durch die Verschiedenheit der chemischen Bindung bedingt sein. Denn in dem Falle mit Natriumnitrat ist von dem Anion NO_3'[1]) nichts aufgenommen worden. Deswegen hat vielleicht das Kation $Na^{\cdot}$ eine größere Aufnahme erfahren. Das Gegenteil besteht bei Chlornatrium, indem das Chlor ein größeres C. V. aufweist als das Kation $Na^{\cdot}$. Die Konzentrationen der Calciumsalzlösungen sind nicht ohne weiteres zu vergleichen. Denn die Chlorcalciumlösung ist halb so stark als die Nitratlösung. Wir können daraus nur erkennen, daß in der stärkeren Flüssigkeit das C. V. für das Calcium einen doppelt so hohen Wert zeigt. Magnesiumnitrat und -chlorid verhalten sich bezüglich ihrer C. V. für $Mg^{\cdot\cdot}$ gleich. Sie erreichen die Werte für $Mg^{\cdot\cdot}$

$$\text{aus } Mg(NO_3)_2 \text{ C. V.} = \frac{13{,}95}{100}$$

$$\text{„ } MgCl_2 \qquad \text{C. V.} = \frac{14{,}00}{100}$$

Bei dem Kation $K^{\cdot}$ erweisen sich aus dem Nitrat, Chlorid und Sulfat die C. V. als nicht völlig gleich, indem das $K^{\cdot}$ aus K_2SO_4 ein C. V. von $\frac{34{,}43}{100}$ gegenüber demjenigen aus KCl von $\frac{20{,}78}{100}$ ergibt. Unter Nummer 17 und 18 sind im Herbst gefundene Werte mitgeteilt, die mit doppelter Konzentration und einer Versuchsdauer von nur 2 Tagen ausgeführt wurden, und die eine ähnliche C. V. wie die Frühjahrsversuche mit halber Konzentration und einer Zeitdauer von 4 Tagen ergaben.

Auch das gleiche Anion aus verschiedenen Salzen weist in den C. V. Schwankungen auf. Für das NO_3' aus $Ca(NO_3)_2$ ergab sich der niedrigste Wert, dann kommt derjenige aus Ammoniumnitrat mit $\frac{28{,}93}{100}$, einen ähnlichen, nur ein wenig höheren zeigt das NO_3' aus Kaliumnitrat der Herbstanalyse mit $\frac{32{,}60}{100}$. Diese soeben angeführten Resultate habe ich im Spätherbst gefunden. Die nun folgenden Nummern 5—7 sind im Frühjahr ausgeführt und diese ergaben, daß NO_3' nur sehr geringe Aufnahme fand. Aus dem Magnesiumnitrat wird das Anion NO_3' bis zu einem C. V. von $\frac{12{,}55}{100}$

1) S. Tabelle X, Versuch 6.

aufgenommen. Zum Schluß möchte ich auf die Chloride zu sprechen kommen. Auch hier finden sich Differenzen in den Konzentrationsverhältnissen vor, was sich am auffallendsten bei der Chlorcalciumlösung zeigt. Hier erfährt das Chlor fast keine Aufnahme, während sich für Chlornatrium, Chlorkalium und Chlormagnesium folgende Resultate ergeben:

$$\text{C. V. von } \frac{11{,}54}{100} \text{ für } MgCl_2$$

$$\text{C. V. „ } \frac{11{,}84}{100} \text{ für } NaCl$$

$$\text{C. V. „ } \frac{20{,}84}{100} \text{ für } KCl.$$

Aus diesen Resultaten ergibt sich, daß die Zelle sich gegen dasselbe Ion bei verschiedenen Salzen gleich oder auch verschieden verhalten kann. Dieses Verhalten ist komplizierten Beeinflussungen des Zustandes der Zelle zuzuschreiben, die sich in früherer oder späterer Hemmung der Aufnahme des gleichen Ions unter verschiedenen Bedingungen äußern. Die Zellen nehmen z. B., wie wir gesehen haben, Cl' auf, wenn es an Natrium gebunden war, verhalten sich aber impermeabel gegen das Cl' des Chlorcalciums. Es muß also hier das Kation einen physiologischen Einfluß auf die Permeabilität ausüben; umgekehrt unterliegt dieselbe auch der Beeinflussung des Anions, so z. B. in den Versuchen mit Natriumnitrat und Chlornatrium, in denen das Kation aus $NaNO_3$ sechsmal mehr aufgenommen wurde als aus $NaCl$. Es drückt also das Anion-Chlor die Grenze der Aufnahme für Natrium bedeutend herunter. Auch in diesem Punkte sind noch eingehende Untersuchungen notwendig, die sicherlich noch mannigfaltige Komplikationen kennen lehren werden.

IV. Über die regulatorische Abgabe anorganischer Ionen.

Im III. Teile dieser Arbeit sahen wir, daß aus einer Salzlösung Kationen und Anionen in einem verschiedenen C. V. durch die Plasmahaut der Objekte aufgenommen wurden. Da nun die Lösungen stets neutral blieben, so mußte, wenn das Kation im Überschuß aufgenommen war, ein anderes Metallion oder eine organische Base dafür auftreten, und zwar in einer Menge, die gerade dieser C. V.-Differenz zwischen Kation und Anion entsprach. Mit dieser Frage hat sich bereits Nathansohn[1]) in seiner Arbeit „Über die Regu-

1) Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XL, S. 415.

lation der Stoffaufnahme“ beschäftigt. Meine Beobachtungen erstrecken sich auf das Calcium- und Magnesiumion, während ich auf die anderen austretenden Stoffe anorganischer und organischer Natur keine Rücksicht genommen habe. Es ergibt sich dabei, daß das Objekt, wie auch in Nathansohns Versuchen, in gewisse Salzlösungen bedeutend mehr Ion austreten läßt als in destilliertes Wasser. Hierdurch wird eine Kompensation für die Mehraufnahme des einen Ions ermöglicht. Im folgenden betrachten wir zunächst die Versuche, in denen die Ausgabe von Salzen an destilliertes Wasser beobachtet wurde.

1. 375 g *Beta* in 750 ccm destilliertem Wasser.
Temperatur $5^1/_2{}^0$ C. Versuchszeit 4 Tage.

In 100 ccm der Flüssigkeit sind enthalten:

Ausgeführt am	24. XI.	17. II.
Trockensubstanz	0,0683 g	—
Aschensubstanz	0,0268 g	—
Al_2O_3	0,0002 g	—
Ca	0,0015 g	0,0014 g
Mg	0,0008 g	0,00084 g
Alkalien (als Sulfalte) .	0,0202 g	0,0277 g

2. 375 g *Daucus* in 750 ccm destilliertem Wasser.
Temperatur $5^1/_2{}^0$ C. Versuchszeit 4 Tage.

In 100 ccm Flüssigkeit sind enthalten:

Ausgeführt am	24. XI.	7. II.	26. VI.
Trockensubstanz	0,0666 g	—	0,0460 g
Aschensubstanz	0,0134 g	—	0,0178 g
Al_2O_3	0,0008 g	—	0,00036 g
Ca	0,0010 g	0,0006 g	0,00044 g
Mg	0,0002 g	0,0002 g	0,0003 g
Alkalien (als Sulfate) . .	0,0097 g	0,0130 g	0,0181 g

Die exosmierenden Quantitäten für Calcium und Magnesium sind, wie wir sehen, äußerst gering und bleiben auch in den verschiedenen Jahreszeiten dieselben. Sehr viel mehr tritt Kalium und Natrium aus den Zellen. Deswegen habe ich meine Aufmerksamkeit nur auf die Ionen Calcium und Magnesium gerichtet.

Als Untersuchungsmaterial dienten mir die restierenden Lösungen der letzten Kontrolle, in denen ich in einem bestimmten Volumen

quantitativ die an der regulatorischen Abgabe beteiligten Ca- und Mg-Ionen bestimmte.

Betrachten wir zunächst die Versuche, in welchen die Aufnahme des Kations einen höheren Wert ergeben hat, als die des Anions. Die Ergebnisse sind in den Tabellen XII und XIII zusammengestellt.

Zum besseren Verständnis der Einteilung dieser Tabellen diene folgende Erklärung. Die Bedeutung der Kolumnen 1, 2, 3 und 4 ist ohne weiteres zu verstehen. Nr. 5 gibt an, welche Abnahme die Außenlösung in 100 ccm bei den in Nr. 4 herrschenden C. V. erfährt und zwar ist der erhaltene Wert des Anions umgerechnet auf die äquivalente Menge Kation, mit welchem es verbunden ist. Nr. 6 gibt — als Differenz von Kation und Anion — diejenige in die Zelle eingetretene Menge Kation an, der keine äquivalente Menge Säurerest (Anion) gefolgt ist. Die Reihe 7 enthält die aus 100 ccm Lösung gefundene Menge Calcium und Magnesium, die auf das hier austauschende Ion umgerechnet ist. Die letzte Spalte läßt erkennen, ob die bei der Mehraufnahme des Kations entstehende Differenz von den aus der Zelle diosmierenden Stoffen gedeckt wird.

Diese Ionen können hier nur Kationen sein, da die Außenlösung ohne Kompensation einen Überschuß von Anionen infolge stärkerer Aufnahme der Kationen aufweisen würde. Meine Lösungen zeigten neutrale Reaktionen, es waren also keine Wasserstoffionen in der Lösung vorhanden, und es mußten somit andere Kationen exosmiert sein. Alle in den Tabellen angeführten Versuche zeigen zwischen den C. V. des Anions und Kations eine ganz erhebliche Differenz, wie die Zahlen in Kolumne 6 beweisen. Diese Differenzen müssen durch aus der Zelle diosmierende Kationen gedeckt werden, um die neutrale Reaktion der Lösung zu erhalten. Dies geschieht auch, und zwar übernimmt den Ausgleich, wie die Versuche zeigen, größtenteils das Calcium und das Magnesium, daneben wohl auch noch andere Basen organischer und anorganischer Natur. In allen Fällen aber ist die in derartige Lösungen exosmierende Calcium- und Magnesiummenge bedeutend größer als bei Versuchen mit destilliertem Wasser. In den Versuchen 1 und 2 mit *Beta vulgaris* reichen die ausgetretenen Magnesiummengen, wie die Bestimmungen zeigen, nicht hin, die freien Anionen zu binden. Es müssen also noch andere Kationen exosmiert sein. In Nr. 3 und 4 ist der Fall gegeben, daß die die Plasmahaut durchdringenden Kationen diese Differenz vollständig ersetzen, sogar ein kleiner Überschuß an aus-

Tabelle XII. Versuchsobjekt: *Beta vulgaris*.

1	2	3	4		5		6	7		8
Nummer	Angewandte Lösungen	Prozentgehalt	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung. C. V. für das Kation	Anion	Abnahme der Außenlösung bei den in 4 herrsch. C. V. Angew. 100 ccm für das Kation	für das Anion	Differenz zwischen Kation und Anion	Aus der Zelle ausgetretene Calcium- und Magnesium-Mengen in 100 ccm der Außenlösung Calcium	Magnesium	Differenz zwischen dem eingetretenen und dem exosmierenden Kation
1	$(NH_4)_2HPO_4$	1,0	41,52 / 100	5,85 / 100	0,0351 g NH_4	0,0220 $Mg_2P_2O_7$ = 0,0107 g NH_4	0,0244 g		0,0062 g Mg = 0,0092 g NH_4	− 0,0152 g NH_4
2	$(NH_4)_2SO_4$	1,0	18,92 / 100	3,00 / 100	0,0298 g „	0,0230 $BaSO_4$ = 0,0035 g NH_4	0,0263 g		0,0070 g Mg = 0,0104 g NH_4	− 0,0159 g „
3	KCl	1,0	18,51 / 100	11,14 / 100	0,0385 g K	12,00 ccm 1/20 $AgNO_3$ = 0,0240 g K	0,0145 g		0,0048 g Mg = 0,0154 g K	+ 0,0009 g K
4	KNO_3	0,5	25,43 / 100	3,83 / 100	0,0208 g K	1,8 ccm NO = 0,0032 g K	0,0176 g	0,0050 g Ca = 0,0098 g K	0,0032 g Mg = 0,0102 g K	+ 0,0024 g K
5	K_2SO_4	0,5	34,43 / 100	7,26 / 100	0,0308 g K	0,0222 $BaSO_4$ = 0,0074 g K	0,0234 g	0,0077 g Ca = 0,0150 g K	0,0024 g Mg = 0,0077 g K	− 0,0007 g K
6	$NaNO_3$	0,5	49,02 / 100	0 / 100	0,0253 g Na	0,0000 g Na	0,0253 g	0,0063 g Ca = 0,0072 g Na	0,0031 g Mg = 0,0059 g Na	− 0,0122 g Na

Tabelle XIII. Versuchsobjekt: *Daucus Carota.*

1	2	3	4		5		6	7		8
Nummer	Angewandte Lösungen	Prozentgehalt	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung C. V. für das Kation	C. V. für das Anion	Abnahme der Außenlösung bei den in 4 herrsch. C. V. Angew. 100 ccm für das Kation	für das Anion	Differenz zwischen Kation und Anion	Aus der Zelle ausgetretene Calcium- und Magnesium-Mengen in 100 ccm der Außenlösung Calcium	Magnesium	Differenz zwischen dem eingetretenen und dem exosmierenden Kation
7	NH_4NO_3	1,0	$\frac{35,23}{100}$	$\frac{18,93}{100}$	0,0297 g NH_4	21,00 ccm NO = 0,0169 g NH_4	0,0128 g	0,0066 g Ca = 0,0060 g NH_4	0,0018 g Mg = 0,0027 g NH_4	− 0,0041 g NH_4
8	KCl	0,5	$\frac{54,83}{100}$	$\frac{38,61}{100}$	0,0517 g K	20,0 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$ = 0,0400 g K	0,0117 g	0,0089 g Ca = 0,0174 g K	0,0019 g Mg = 0,0061 g K	+ 0,0118 g K
9	K_2SO_4	0,5	$\frac{40,21}{100}$	$\frac{17,39}{100}$	0,0342 g K	0,0494 g $BaSO_4$ = 0,0166 g K	0,0176 g	0,0097 g Ca = 0,0189 g K	0,0022 g Mg = 0,0071 g K	+ 0,0084 g K
10	NaCl	0,5	$\frac{48,99}{100}$	$\frac{30,74}{100}$	0,0355 g Na	21,00 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$ = 0,0242 g Na	0,0113 g	0,0093 g Ca = 0,0107 g Na	0,0021 g Mg = 0,0040 g Na	+ 0,0034 g Na
11	Na_2SO_4	0,5	$\frac{64,77}{100}$	$\frac{19,28}{100}$	0,0163 g Na	0,0296 g $BaSO_4$ = 0,0059 g Na	0,0104 g	0,0094 g Ca = 0,0108 g Na	0,0017 g Mg = 0,0032 g Na	+ 0,0036 g Na
12	$NaNO_3$	0,5	$\frac{74,44}{100}$	$\frac{34,54}{100}$	0,0342 g Na	15,90 ccm NO = 0,0164 g Na	0,0178 g	0,0070 g Ca = 0,0080 g Na	0,0027 g Mg = 0,0051 g Na	0,0047 g Na

tretenden Kationen vorhanden ist. Bei Anwendung von 0,5% Kaliumsulfat und 0,5% Natriumnitrat (Nr. 5 und 6) genügen die exosmierenden Kationen Calcium und Magnesium nicht, diese Differenzen der C. V. auszugleichen. Also wird auch hier noch ein anderes Kation in Anspruch genommen.

Der Austauschvorgang verhält sich bei *Daucus Carota* analog. In den Versuchen Nr. 7 und 12 erreichen die austretenden Mengen Calcium und Magnesium keineswegs die Größe der zu deckenden Differenz, während Nr. 8, 9, 10 und 11 einen Überschuß von exosmierenden Kationen zeigen. Die Zelle läßt, wie wir aus den Tabellen XII und XIII feststellen können, in einigen Fällen mehr Kationen in Form von Calcium und Magnesium austreten, als den Differenzen der C. V. zwischen Anion und Kation entspricht. Von der Ursache dieser Erscheinung wird weiterhein noch die Rede sein. Betrachtet man die diosmierenden Kationen Magnesium und Calcium, so findet man, daß die Mengen des Calciums mehr betragen als die des Magnesiums, und beide wiederum bei den verschiedenen Salzen ungleich sind. Wie der Austausch sich abspielt, ob die Ionen zu gleicher Zeit oder erst Calcium oder Magnesium Durchtritt erlangt, muß an ausgedehnteren Versuchen studiert werden.

An diese Versuche reihen sich diejenigen an, in denen für die Aufnahme von Kation und Anion das gleiche Verhältnis beobachtet worden war.

1. Bei Versuchen mit *Beta vulgaris* in einer 0,5proz. KCl-Lösung fanden sich zwischen den beiden Ionen keine Abweichungen.

$$\text{C. V. für das Kation } \frac{20{,}78}{100}$$

$$\text{„ „ „ Anion } \frac{20{,}04}{100}$$

Aus 100 ccm der Außenlösung fehlten:

für das Anion	11,50 ccm $^1/_{20}$ n Cl, entsprechend	0,0230 g K
„ „ Kation	. . . . .	0,230 g K
	Differenz bedingt durch die C. V.	0

Bei Prüfung der Außenlösung auf Calcium erhielt ich aus 100 ccm folgende Mengen:

0,0077 g Ca 0,0024 g Mg.

Also auch hier fand merklicher Austritt von Ca und Mg statt; und zwar sind die gefundenen Werte für Calcium fünfmal und für Magnesium dreimal höhere als diejenigen, welche in den Versuchen

gefunden wurden, in denen *Beta* mit destilliertem Wasser behandelt worden war.

2. Bei *Daucus Carota* in einer 0,5proz. KNO_3-Lösung ergeben sich die

$$\text{C. V. für das Kation } \frac{53{,}47}{100}$$

$$\text{„ „ „ Anion } \frac{57{,}56}{100}$$

Aus 100 ccm der Außenlösung fehlten:

für das Kation	0,0381 g K
„ „ Anion 0,0285 g NO, entsprechend	0,0377 g K
Differenz bedingt durch die C. V	0,0004 g K

Die C. V. von Anion und Kation erreichen nicht genau denselben Wert, aber bei der Höhe, den dieselben annehmen, kommt dieser Unterschied nicht in Betracht. Auch hier findet eine Exosmose von Calcium und Magnesium durch die Zellhaut statt und zwar ergeben sich für 100 ccm Lösung:

0,0059 g Ca 0,0025 g Mg.

Auch hier wurde eine größere Exosmose von Calcium und Magnesium beobachtet bei Anwendung von einer 0,5proz. Kaliumnitrat-Lösung und zwar sind die Werte neunmal größer als bei den Versuchen, in denen nur destilliertes Wasser benutzt wurde.

Es erscheint auf den ersten Blick auffallend, daß auch hier Austritt von Kationen stattgefunden hat, obgleich durch den bezüglich beider Ionen gleichmäßig verlaufenden Aufnahmevorgang in diesen Fällen keine Veranlassung zu einer kompensatorischen Kationenausscheidung gegeben zu sein scheint. Man muß aber daran denken, daß, wie oben gezeigt wurde, beim Aufnahmevorgang Gleichheit des Endzustandes nicht Gleichheit in allen Phasen bedeutet. Es ist vielmehr anzunehmen, daß überall, wo schließlich die Ionen in gleichem Verhältnis aufgenommen werden, zeitweilig die Aufnahme der Anionen über die Kationen überwiegt, und die dadurch bedingte Differenz dann wieder durch das umgekehrte Verhalten ausgeglichen wird. Bleibt dabei die Reaktion neutral, so müssen dabei abwechselnd Anionen und Kationen abgegeben werden. Sicher ist auch in unseren Fällen Abgabe von beiderlei Ionen eingetreten; denn beim Austreten von Mg und Ca ist die Reaktion der Lösung nicht alkalisch geworden.

Wenn, wie in manchen Versuchen, aus der Außenlösung mehr von dem Anion aufgenommen wird als von dem Kation, ohne daß

die Lösung alkalisch wird, so muß kompensatorische Ausgabe von Anionen stattfinden. Anscheinend sind diese organischer Natur und ich habe ihre Bestimmung nicht ausgeführt. Dagegen fand auch in diesen Fällen eine größere Abgabe von Mg und Ca statt als an destilliertes Wasser; es muß also, wie aus der Erhaltung der neutralen Reaktion hervorgeht, der Anionenaustritt noch größer sein als zur Kompensation der sich bei der Aufnahme ergebenden Differenz nötig wäre. Betrachten wir zunächt die Versuchsergebnisse:

1. *Beta* mit einer 1 proz. NH_4NO_3-Lösung ergab:

C. V. für das Kation $\frac{16{,}58}{100}$

„ „ „ Anion $\frac{18{,}45}{100}$

In diesem Versuche befindet sich das Anion im Überschuß in der Innenlösung, es muß mithin die Außenlösung mehr Kationen enthalten. Der Betrag der Differenz, berechnet aus den Analysenzahlen, ergibt folgendes:

Aus 100 ccm der Außenlösung fehlten:

für das Anion	0,0263 g NO, entsprechend	0,0158 g $NH_4^{\cdot}$
„ „ Kation	. . . . .	0,0144 g „
	Differenz bedingt durch C. V.	0,0014 g $NH_4^{\cdot}$

Es findet sich also in der Außenlösung ein Überschuß von 0,0014 g $NH_4^{\cdot}$. Die Zellen müssen für die NH_4-Menge ein Anion austreten lassen. Um welches Anion es sich dabei handelt, habe ich, wie schon gesagt, nicht untersucht. Andererseits hat das Objekt viel mehr Mg als in destilliertes Wasser abgegeben. Denn als ich nun die Außenlösung einer Prüfung auf Magnesium unterzog, fand ich 0,0058 g Mg, also siebenmal soviel als in dem Versuch mit Wasser.

Ein analoges Resultat ergab noch folgender Versuch:

2. *Beta* mit einer 1 proz. KNO_3-Lösung ergab:

C. V. für das Kation $\frac{20{,}85}{100}$

„ „ „ Anion $\frac{32{,}64}{100}$

Somit sind die Permeabilitätsgrenzen noch weit auseinander gerückt.

Aus 100 ccm der Außenlösung fehlten:

für das Anion	0,0383 g NO, entsprechend	0,0441 g $K^{\cdot}$
„ „ Kation	. . . . .	0,0317 g $K^{\cdot}$
	Differenz bedingt durch die C. V.	0,0124 g $K^{\cdot}$

Für die 0,0124 g Kalium muß eine äquivalente Menge Anion durch die Plasmahaut exosmieren. Aber auch in dieser Lösung wurden 0,0076 g Mg nachgewiesen.

Als drittes Beispiel dieser Reihe sei angeführt:

3. *Beta* in einer 0,5proz. NaCl-Lösung ergab:

$$\text{C. V. für das Kation } \frac{8{,}62}{100}$$

$$\text{„ „ „ Anion } \frac{11{,}83}{100}$$

Aus 100 ccm der Außenlösung fehlten:

für das Anion 9 ccm $^1/_{20}$ n Cl, entsprechend 0,0104 g Na
„ „ Kation . . . . . 0,0076 g Na
Differenz bedingt durch die C. V. 0,0028 g Na

Es herrscht also in der Außenlösung ein Überschuß von 0,0028 g Natrium. Da auch hier wie in den vorhererwähnten Versuchen keine alkalische Reaktion bemerkbar war, ist die Alkalität durch ein exosmierendes Anion ausgeglichen, das die Plasmahaut passiert hat.

In 100 ccm der Außenlösung war ein Gehalt von

0,0069 g Ca und 0,0021 g Mg

nachweisbar. Also auch hier eine Ausgabe von Kationen, die zur Erhaltung der neutralen Reaktion während der Aufnahme nicht erforderlich erscheint. Zur Erklärung dieser Erscheinung könnte man einerseits daran denken, daß während der Versuche zeitweilig die Aufnahme der Kationen stärker war als die der Anionen und daß diesem Umstande das Vorhandensein von Mg und Ca in der Außenlösung zuzuschreiben ist. Möglicherweise liegt dies aber auch daran, daß der ganze Austauschvorgang sich in Wirklichkeit etwas komplizierter abspielt, als man auf den ersten Blick annehmen könnte. Die Salzaufnahme kann sich unter Erhaltung der elektrochemischen Gleichgewichte nur dadurch abspielen, daß entweder die beiden Ionen gleichzeitig in äquivalenten Mengen in die Zelle einwandern, oder dadurch, daß eine Art von Ionen aufgenommen unter Austritt einer äquivalenten Menge anderer Ionen mit der gleichen Ladung.

Es ist aber durchaus möglich, daß diese beiden Arten von Aufnahmeprozessen stets nebeneinander verlaufen, indem die Plasmahaut nicht immer und nicht überall dieselben Qualitäten aufweist. Es ist wohl denkbar, daß auf diese Weise trotz gleichzeitiger Aufnahme beider Ionen aus der Außenlösung ständig Kompensationen in beiden Richtungen nötig sind, d. h. sowohl durch Kationen- als durch

Anion-Austritt. Näher auf diese, namentlich auch im Hinblick auf die natürlichen Erscheinungen der Salzaufnahme interessanten Vorgänge, einzugehen, muß ich mir in Ermangelung weiteren Materials versagen; das feststehende Ergebnis dieses Abschnittes ist die Tatsache, daß unser Objekt gewisse Ionen, und zwar Mg und Ca an verschiedene Salzlösungen in stärkerem Maße abgibt als an destilliertes Wasser und daß die Ionenausscheidung aus dem Objekt so gelenkt wird, daß trotz der oft erheblichen Unterschiede in der Aufnahme von Anionen und Kationen aus der Außenlösung deren Neutralität erhalten bleibt.

Zusammenfassung der Hauptresultate.

Die geprüften Salze wurden von den lebenden Zellen bis zu einem gewissen Grade aufgenommen.

Die Aufnahme schreitet aber im allgemeinen nicht bis zum physikalischen Gleichgewicht, also nicht so weit fort, daß in der Zelle dieselbe Konzentration wie in der Außenflüssigkeit zustande kommt. Dem Protoplasten kommt also ein Regulationsvermögen zu, durch welches erzielt wird, daß die fernere Aufnahme eines Stoffes aufhört, wenn derselbe bis zu einem bestimmten, spezifisch verschiedenen Maße in die Zelle eingedrungen ist.

Nur in wenigen Fällen wurden die Ionen eines Salzes in einem äquivalenten Verhältnis aufgenommen. Ein solches wurde aber zumeist nicht eingehalten, sodaß entweder das Kation oder das Anion in relativ größerer Menge aus der Außenflüssigkeit verschwand. Am häufigsten trat von dem Kation mehr in die Zelle ein als vom Anion. Von diesem wurde sogar bei Darbietung bestimmter Salze überhaupt nichts oder fast nichts aufgenommen.

Der spezifische Grenzwert der Ionenaufnahme kann mit der Natur und der Konzentration der Salze, dem jeweiligen Zustand der Pflanze usw. veränderlich sein.

Deshalb kann sich auch der Grenzwert der Aufnahme verschieben, wenn das Kation in Verbindung mit einem anderen Anion oder wenn dasselbe Anion in Verbindung mit einem anderen Kation dargeboten wird.

Die Unterschiede, welche sich gegenüber demselben Salze ergeben, wenn die Wurzeln im Frühjahr oder im Herbst geprüft wurden, deuten darauf hin, daß die regulatorische Befähigung mit dem Entwicklungsstadium, also allgemein gesagt mit dem Zustand der Pflanze, Veränderungen erfährt.

Sofern die Ionen eines Salzes nicht in einem äquivalenten Verhältnis aufgenommen werden, wird durch eine selbstregulatorische Tätigkeit der Zelle dafür gesorgt, daß die Außenflüssigkeit im wesentlichen neutral bleibt. Hierbei werden gewöhnlich Calcium- und Magnesiumionen aus der Zelle ausgeschieden.

Vorliegende Arbeit wurde im botanischen Institut der Universität Leipzig ausgeführt. Es sei mir an dieser Stelle gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geh. Rat Prof. Dr. W. Pfeffer, sowie Herrn Privatdozent Dr. Nathansohn hiermit meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Anhang.

Analytischer Teil.

Die Analysen wurden nach den besten Methoden ausgeführt und ich beschränke mich darauf, nur kurz auf die benutzten Methoden hinzuweisen.

A. Bestimmungen der Anionen.

1. Chlorbestimmung. Dieselbe wurde ausgeführt nach F. Mohr in neutraler Lösung mit $^1/_{20}$ normal Silbernitrat, als Indikator diente Kaliumchromat. Eine Reduktion von Silbernitrat durch organische Stoffe trat nur bei längerem Stehen ein und kann deshalb bei der schnellen Titration nicht in Betracht kommen. Vor der Titration wurde die zu untersuchende Lösung auf PO_4''' geprüft, jedoch immer mit negativem Resultat.

2. Bei der SO_4''-Bestimmung wurde die salzsaure Lösung siedend mit Chlorbaryum gefällt und das Baryumsulfat bestimmt.

3. PO_4''-Bestimmung geschah durch Fällung der stark ammoniakalischen Lösung mit Magnesiummixtur, gewogen wurde als pyrophosphorsaure Magnesia.

4. S_2O_3'' wurde mit $^1/_{100}$ normal Jod titriert. Als Indikator diente lösliche Stärke. Eiweiß und andere jodbindende Substanzen waren in den zu untersuchenden Lösungen nicht vorhanden.

5. NO_3'-Bestimmung geschah nach der Methode von Schulze-Tiemann durch Reduktion mit Eisenchlorür und gasometrischer Bestimmung des entwickelten Stickoxydes. Die gefundenen ccm NO wurden in ccm des reduzierten NO-Volumens auf 760 mm B. bei 0° C. umgerechnet. Die Ausführung nach der Methode Schulze-Tiemann wird von organischen Beimengen nicht beeinflußt.

B. Bestimmung der Kationen.

1. Ammoniumbestimmung. Das NH_3 wurde durch Destillation mit gebrannter Magnesia ausgetrieben. Das entweichende NH_3 wurde in einem Überschusse von $^1/_{10}$ normal Schwefelsäure aufgefangen und mit $^1/_{10}$ normal Natriumhydrat zurücktitriert. Als Indikator diente mir eine wässerige Lösung von Azolithmin; dieselbe gibt einen scharf erkennbaren Umschlag. Die Anwendung von MgO ist geboten, da stickstoffhaltige organische Substanzen vorhanden sein können und bei Gebrauch von NaOH dieselben gespalten werden unter Entstehung von NH_3, während MgO diese chemischen Eingriffe nicht bewirkt.

2. Kalium- und Natriumbestimmungen geschahen auf folgende Weise. Die zu untersuchenden Flüssigkeiten wurden eingedampft, geglüht, hierauf mit H_2O aufgenommen und mit Barythydrat sämtliche Schwermetalle ausgefällt. Nachdem das überschüssige Barythydrat mit Schwefelsäure aus der Lösung entfernt und alsdann diese Lösung zur Trockne eingedampft worden war, wurden die sauren Alkalisulfate mit Ammoniumkarbonat in die neutralen Salze übergeführt und diese schließlich gewogen. In den gewogenen Alkalisulfaten wurde die Schwefelsäure in der bei den Anionen angegebenen Weise bestimmt.

3. Calciumbestimmung. Das Calcium wurde aus kalter schwach essigsaurer Lösung mit oxalsaurem Ammon gefällt, nach 24stündigem Stehen abfiltriert, geglüht und als Calciumoxyd gewogen.

4. Magnesiumbestimmung. Nach vorsichtiger Ausfällung des Kalkes wurde das Magnesium aus stark ammoniakalischer Lösung als phosphorsaure Ammoniakmagnesia mit phosphorsaurem Natrium gefällt, abfiltriert, geglüht und als pyrophosphorsaures Magnesium zur Wägung gebracht.

Anmerkung zu den Analysenbelegen.

In bezug auf die folgenden Analysenbelege sei bemerkt, daß die mitgeteilten Zahlen das Mittel aus zwei Versuchen sind.

Zum Verständnis möchte ich ergänzend hinzufügen, daß die angegebenen Zahlen in den Kolumnen 4—9 sich natürlich auf die zur Wägung gebrachten Salze beziehen, aus denen die in Frage kommenden Ionen zu berechnen sind. Die Werte wurden absichtlich nicht ausgerechnet, um einen klaren Überblick über die Analysenresultate zu gestatten.

1. Analysenbeleg für *Beta vulgaris*.

Analysen-Nummer	Versuchsanstellung	Versuchsdauer in Tagen	Gehalt der ursprüngl. Lösung an Kation	Gehalt der ursprüngl. Lösung an Anion	Gefundener Gehalt nach der Versuchsdauer an Kation	Gefundener Gehalt nach der Versuchsdauer an Anion	Differenz zwischen ursprüngl. Gehalt und dem nach der Versuchsdauer gefundenen an Kation	Differenz zwischen ursprüngl. Gehalt und dem nach der Versuchsdauer gefundenen an Anion	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Kation	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Anion	Konzentrationsverhältn. der Innenlösung z. Außenlös. C. V. für das Kation	Konzentrationsverhältn. der Innenlösung z. Außenlös. C. V. für das Anion
1	100 g *Beta* + 175 ccm einer 1 proz. NH_4NO_3-Lös.	2 Tage	11,85 ccm $^1/_{10}$n NaOH	13,23 ccm NO	10,63 ccm $^1/_{10}$n NaOH	12,09 ccm NO	1,22 ccm $^1/_{10}$n NaOH	1,14 ccm NO	10,30	8,62	23,30 / 100	19,14 / 100
		4 Tage	11,85 ccm	13,23 ccm	10,55 ccm	11,58 ccm	1,30 ccm	1,65 ccm	10,97	12,47	25,01 / 100	28,93 / 100
2	100 g *Beta* + 175 ccm ein. 1 proz. $(NH_4)_2S_2O_3$-Lös.	2 Tage	12,15 ccm $^1/_{10}$n NaOH	31,70 ccm $^1/_{100}$ J	10,35 ccm $^1/_{10}$n NaOH	30,35 ccm $^1/_{100}$n J	1,80 ccm $^1/_{10}$n NaOH	1,35 ccm $^1/_{10}$n J	14,81	4,26	35,30 / 100	9,03 / 100
3	100 g *Beta* + 175 ccm einer 1 proz. NH_4Cl-Lös.	2 Tage	18,50 ccm $^1/_{10}$n NaOH	18,40 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	15,95 ccm $^1/_{10}$n NaOH	17,00 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	2,55 ccm $^1/_{10}$n NaOH	1,40 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	13,78	7,61	32,45 / 100	16,72 / 100
4	100 g *Beta* + 200 ccm einer 1 proz. NH_4NO_3-Lös.	2 Tage	12,00 ccm $^1/_{10}$n NaOH	13,31 ccm NO	11,20 ccm $^1/_{10}$n NaOH	12,33 ccm NO	0,80 ccm $^1/_{10}$n NaOH	0,98 ccm NO	6,67	7,36	16,58 / 100	18,45 / 100
5	100 g Beta + 200 ccm ein. 1 proz. $(NH_4)_2SO_4$-Lös.	2 Tage	12,85 ccm $^1/_{10}$n NaOH	0,0898 g $Mg_2P_2O_7$	10,90 ccm $^1/_{10}$n NaOH	0,0876 g $Mg_2P_2O_7$	1,95 ccm $^1/_{10}$n NaOH	0,0022 g $Mg_2P_2O_7$	15,18	2,45	41,52 / 100	5,85 / 100
6	100 g *Beta* + 200 ccm ein. 1 proz. $(NH_4)_2SO_4$-Lös.	2 Tage	14,55 ccm $^1/_{10}$n NaOH	0,1805 g $BaSO_4$	13,45 ccm $^1/_{10}$n NaOH	0,1782 g $BaSO_4$	1,10 ccm $^1/_{10}$n NaOH	0,0023 g $BaSO_4$	7,56	1,27	18,98 / 100	3,00 / 100
7	100 g *Beta* + 200 ccm einer 1 proz. NH_4Cl-Lös.	2 Tage	18,55 ccm $^1/_{10}$n NaOH	18,50 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	16,40 ccm $^1/_{10}$n NaOH	17,20 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	2,15 ccm $^1/_{10}$n NaOH	1,30 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	11,59	7,03	30,42 / 100	17,54 / 100

Analysen-Nummer	Versuchsanstellung	Versuchsdauer in Tagen	Gehalt der ursprüngl. Lösung an Kation	Gehalt der ursprüngl. Lösung an Anion	Gefundener Gehalt nach der Versuchsdauer an Kation	Gefundener Gehalt nach der Versuchsdauer an Anion	Differenz zwischen ursprüngl. Gehalt und dem nach der Versuchsdauer gefundenen an Kation	Differenz zwischen ursprüngl. Gehalt und dem nach der Versuchsdauer gefundenen an Anion	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Kation	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Anion	Konzentrationsverhältn. der Innenlösung z. Außenlös. C. V. für das Kation	Konzentrationsverhältn. der Innenlösung z. Außenlös. C. V. für das Anion
8	100 g *Beta* + 200 ccm ein. 1 proz. $(NH_4)_2S_2O_3$-Lös.	2 Tage	13,40 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	33,50 ccm $^1/_{100}$ n J	12,45 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	32,15 ccm $^1/_{100}$ n J	0,95 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	1,35 ccm $^1/_{100}$ n J	7,09	4,03	$\frac{17,71}{100}$	$\frac{9,75}{100}$
9	100 g *Beta* + 200 ccm einer 1 proz. KNO_3-Lös.	2 Tage	0,2147 g K_2SO_4	10,22 ccm NO	0,1970 g K_2SO_4	8,96 ccm NO	0,0177 g K_2SO_4	1,26 ccm NO	8,24	12,33	$\frac{20,85}{100}$	$\frac{32,64}{100}$
10	100 g *Beta* + 200 ccm einer 1 proz. KCl-Lös.	2 Tage	0,2911 g K_2SO_4	13,10 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,2696 g K_2SO_4	12,50 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,0215 g K_2SO_4	0,60 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	7,39	4,58	$\frac{18,51}{100}$	$\frac{11,14}{100}$
11	100 g *Beta* + 200 ccm einer 1 proz. NH_4NO_3-Lös.	2 Tage	12,65 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	13,68 ccm NO	11,65 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	13,05 ccm NO	1,00 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	0,63 ccm NO	7,91	4,61	$\frac{19,92}{100}$	$\frac{11,20}{100}$
		4 Tage	12,65 ccm	13,68 ccm	11,55 ccm	12,57 ccm	1,10 ccm	1,11 ccm	8,70	8,11	$\frac{22,11}{100}$	$\frac{20,50}{100}$
12	100 g *Beta* + 200 ccm einer 0,4 proz. $CaCl_2$-Lös.	2 Tage	0,1934 g CaO	13,30 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,1818 g CaO	13,20 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,0116 g CaO	0,10 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	6,00	0,75	$\frac{14,81}{100}$	$\frac{1,76}{100}$
		4 Tage	0,1934 g	13,30 ccm	0,1832 g	13,25 ccm	0,0102 g	0,05 ccm	5,27	0,38	$\frac{12,92}{100}$	$\frac{0,88}{100}$
13	100 g *Beta* + 200 ccm einer 1 proz. $Ca(NO_3)_2$-Lös.	2 Tage	0,1724 g CaO	13,11 ccm NO	0,1620 g CaO	— NO	0,0104 g CaO	— NO	6,03	—	$\frac{14,90}{100}$	—
		4 Tage	0,1724 g	13,11 ccm	0,1554 g	12,31 ccm	0,0170 g	0,80 ccm	9,87	6,10	$\frac{25,39}{100}$	$\frac{15,08}{100}$

Analysen-Nummer	Versuchsanstellung	Versuchsdauer in Tagen	Gehalt der ursprüngl. Lösung an Kation	Gehalt der ursprüngl. Lösung an Anion	Gefundener Gehalt nach der Versuchsdauer an Kation	Gefundener Gehalt nach der Versuchsdauer an Anion	Differenz zwischen ursprüngl. Gehalt und dem nach der Versuchsdauer gefundenen an Kation	Differenz zwischen ursprüngl. Gehalt und dem nach der Versuchsdauer gefundenen an Anion	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Kation	Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das Anion	Konzentrationsverhältn. der Innenlösung z. Außenlös. C. V. für das Kation	Konzentrationsverhältn. der Innenlösung z. Außenlös. C. V. für das Anion
14	375 g *Beta* + 750 ccm einer 0,08 proz. $CaCl_2$-Lös.	2 Tage	0,0769 g CaO	13,70 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	0,0669 g CaO	13,70 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	0,0100 g CaO	0,00 $^1/_{20}$n $AgNO_3$	13,00	0,0	34,69 / 100	0 / 100
		4 Tage	0,0769 g	13,70 ccm	0,0628 g	13,70 ccm	0,0141 g	0,00	18,00	0,0	52,11 / 100	0 / 100
15	400 g *Beta* + 800 ccm ein. 0,046 proz. $MgCl_2$-Lös.	2 Tage	0,1063 g $Mg_2P_2O_7$	9,65 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	0,1021 g $Mg_2P_2O_7$	9,60 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	0,0042 g $Mg_2P_2O_7$	0,050 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	3,95	0,51	9,55 / 100	1,21 / 100
		4 Tage	0,1063 g	9,65 ccm	0,1013 g	9,65 ccm	0,0050 g	0,00	4,70	0,0	11,46 / 100	0 / 100
		6 Tage	0,1063 g	9,65 ccm	0,1016 g	9,70 ccm	0,0047 g	0,00	4,42	0,0	10,74 / 100	0 / 100
16	150 g *Beta* + 300 ccm einer 0,22 proz. $MgCl_2$-Lös.	2 Tage	0,1318 g $Mg_2P_2O_7$	9,60 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	0,1250 g $Mg_2P_2O_7$	9,25 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	0,0068 g $Mg_2P_2O_7$	0,35 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	5,16	3,65	12,63 / 100	8,78 / 100
		4 Tage	0,1318 g	9,60 ccm	0,1248 g	9,20 ccm	0,0070 g	0,40 ccm	5,31	4,17	13,02 / 100	10,09 / 100
17	400 g *Beta* + 800 ccm einer 0,22 proz. $MgCl_2$-Lös.	2 Tage	0,2584 g $Mg_2P_2O_7$	9,50 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	0,2416 g $Mg_2P_2O_7$	9,10 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	0,0168 g $Mg_2P_2O_7$	0,40 ccm $^1/_{20}$n $AgNO_3$	6,50	4,21	16,14 / 100	10,20 / 100
		4 Tage	0,2584 g	9,50 ccm	0,2437 g	9,05 ccm	0,0147 g	0,45 ccm	5,69	4,74	14,00 / 100	11,54 / 100
		6 Tage	0,2584 g	9,50 ccm	0,2436 g	9,05 ccm	0,0148 g	0,45 ccm	5,69	4,74	14,00 / 100	11,54 / 100

Analysen-Nummer	Versuchsanstellung	Versuchsdauer in Tagen	Gehalt der ursprüngl. Lösung an		Gefundener Gehalt nach der Versuchsdauer an		Differenz zwischen ursprüngl. Gehalt und dem nach der Versuchsdauer gefundenen an		Abnahme der Außenlösung in Prozenten. Abn. für das		Konzentrationsverhältn. der Innenlösung z. Außenlös. C. V. für das	
			Kation	Anion	Kation	Anion	Kation	Anion	Kation	Anion	Kation	Anion
18	375 g *Beta* + 750 ccm einer 0,06 proz. $Mg(NO_3)_2$-Lösung	2 Tage	0,1810 g $Mg_2P_2O_7$	8,88 ccm NO	0,1728 g $Mg_2O_2P_7$	7,66 ccm NO	0,0082 g $Mg_2P_2O_7$	1,22 ccm NO	4,53	13,74	8,69 / 100	36,97 / 100
		4 Tage	0,1810 g	8,88 ccm	0,1720 g	7,38 ccm	0,0090 g	1,50 ccm	4,97	16,89	11,01 / 100	47,17 / 100
19	500 g *Beta* + 1000 ccm einer 0,3 proz. $Mg(NO_3)_2$-Lösung	2 Tage	0,2169 g $Mg_2P_2O_7$	8,58 ccm NO	0,2052 g $Mg_2P_2O_7$	8,21 ccm NO	0,0117 g $Mg_2P_2O_7$	0,37 ccm NO	5,39	4,31	13,23 / 100	10,46 / 100
		4 Tage	0,2169 g	8,58 ccm	0,2046 g	8,14 ccm	0,0123 g	0,44 ccm	5,67	5,13	13,95 / 100	12,55 / 100
		6 Tage	0,2169 g	8,58 ccm	0,2045 g	7,98 ccm	0,0124 g	0,60 ccm	5,67	6,99	13,95 / 100	17,45 / 100
20	500 g *Beta* + 1000 ccm einer 0,06 proz. $Mg(NO_3)_2$-Lösung	2 Tage	0,1768 g $Mg_2P_2O_7$	8,55 ccm NO	0,1702 g $Mg_2P_2O_7$	7,50 ccm NO	0,0062 g $Mg_2P_2O_7$	1,05 ccm NO	3,51	12,28	8,45 / 100	32,49 / 100
		4 Tage	0,1768 g	8,55 ccm	0,1716 g	7,26 ccm	0,0052 g	1,29 ccm	2,94	15,09	7,03 / 100	41,24 / 100
21	500 g *Beta* + 1000 ccm einer 0,5 proz. KNO_3-Lös.	2 Tage	0,4374 g K_2SO_4	10,26 ccm NO	0,3902 g K_2SO_4	10,16 ccm NO	0,0472 g K_2SO_4	0,10 ccm NO	10,80	0,97	25,92 / 100	2,11 / 100
		4 Tage	0,4374 g	10,26 ccm	0,3910 g	10,08 ccm	0,0464 g	0,18 ccm	10,60	1,75	25,43 / 100	3,83 / 100

Analysen-Nummer	Versuchsanstellung	Versuchsdauer in Tagen	Gehalt der ursprüngl. Lösung an Kation	Gehalt der ursprüngl. Lösung an Anion	Gefundener Gehalt nach der Versuchsdauer an Kation	Gefundener Gehalt nach der Versuchsdauer an Anion	Differenz zwischen ursprüngl. Gehalt und dem nach der Versuchsdauer gefundenen an Kation	Differenz zwischen ursprüngl. Gehalt und dem nach der Versuchsdauer gefundenen an Anion	Abnahme der Außenlösung in Prozenten Abn. für das Kation	Abnahme der Außenlösung in Prozenten Abn. für das Anion	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung. C. V. für das Kation	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung. C. V. für das Anion
22	500 g *Beta* + 1000 ccm einer 0,5 proz. $NaNO_3$-Lösung	2 Tage	0,4206 g Na_2SO_4	11,75 ccm NO	0,3494 g Na_2SO_4	12,08 ccm NO	0,0712 g Na_2SO_4	0	16,93	0	$\frac{43,67}{100}$	$\frac{0}{100}$
		4 Tage	0,4206 g	11,75 ccm	0,3423 g	12,07 ccm	0,0783 g	0	18,62	0	$\frac{49,02}{100}$	$\frac{0}{100}$
23	500 g *Beta* + 1000 ccm einer 0,5 proz. K_2SO_4-Lösung	2 Tage	0,4970 g K_2SO_4	0,6773 g $BaSO_4$	0,4345 g K_2SO_4	0,6580 g $BaSO_4$	0,0625 g K_2SO_4	0,0193 g $BaSO_4$	12,57	2,85	$\frac{30,83}{100}$	$\frac{6,29}{100}$
		4 Tage	0,4970 g	0,6773 g	0,4282 g	0,6551 g	0,0688 g	0,0222 g	13,84	3,28	$\frac{34,43}{100}$	$\frac{7,26}{100}$
24	500 g *Beta* + 1000 ccm einer 0,5 proz. KCl-Lösung	2 Tage	0,5816 g K_2SO_4	13,45 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,5324 g K_2SO_4	12,60 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,0492 g K_2SO_4	0,85 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	8,46	6,32	$\frac{19,80}{100}$	$\frac{14,45}{100}$
		4 Tage	0,5816 g	13,45 ccm	0,5302 g	12,30 ccm	0,0514 g	1,15 ccm	8,84	8,55	$\frac{20,78}{100}$	$\frac{20,04}{100}$
25	500 g *Beta* + 1000 ccm einer 0,5 proz. NaCl-Lösung	2 Tage	0,6057 g Na_2SO_4	17,20 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,5846 g Na_2SO_4	16,30 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,0211 g Na_2SO_4	0,90 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	3,48	5,23	$\frac{7,73}{100}$	$\frac{11,83}{100}$
		4 Tage	0,5057 g	17,20 ccm	0,5823 g	16,30 ccm	0,0234 g	0,90 ccm	3,86	5,23	$\frac{8,62}{100}$	$\frac{11,83}{100}$

2. Analysenbeleg für *Daucus Carota*.

Analysen-Nummer	Versuchsanstellung	Versuchsdauer in Tagen	Gehalt der ursprüngl. Lösung an Kation	Gehalt der ursprüngl. Lösung an Anion	Gefundener Gehalt nach der Versuchsdauer an Kation	Gefundener Gehalt nach der Versuchsdauer an Anion	Differenz zwischen ursprüngl. Gehalt und dem nach der Versuchsdauer gefundenen an Kation	Differenz zwischen ursprüngl. Gehalt und dem nach der Versuchsdauer gefundenen an Anion	Abnahme der Außenlösung in Prozenten Abn. für das Kation	Abnahme der Außenlösung in Prozenten Abn. für das Anion	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung zur Außenlösung. C. V. für das Kation	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung zur Außenlösung. C. V. für das Anion
1	100 g *Daucus* + 200 ccm ein. 1 proz. NH_4NO_3-Lösung	2 Tage	12,00 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	13,31 ccm NO	10,55 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	12,26 ccm NO	1,45 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	1,05 ccm NO	12,08	7,89	30,38 / 100	18,93 / 100
		4 Tage	12,00 ccm	13,31 ccm	10,35 ccm	12,26 ccm	1,65 ccm	1,05 ccm	13,75	7,89	35,23 / 100	18,93 / 100
2	100 g *Daucus* + 200 ccm ein. 1 proz. $(NH_4)_2HPO_4$-Lös.	2 Tage	12,70 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	0,0909 g $Mg_2P_2O_7$	10,50 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	0,0861 g $Mg_2P_2O_7$	2,20 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	0,0048 g $Mg_2P_2O_7$	17,32	5,28	46,31 / 100	12,32 / 100
3	100 g *Daucus* + 200 ccm ein. 2proz. $(NH_4)_2HPO_4$-Lös.	2 Tage	12,45 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	0,1758 g $M_2P_2O_7$	10,20 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	0,1578 g $Mg_2P_2O_7$	2,25 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	0,0180 g $Mg_2P_2O_7$	18,07	10,24	48,76 / 100	25,21 / 100
4	100 g *Daucus* + 200 ccm ein. 1 proz. NH_4NO_3-Lösung	2 Tage	12,55 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	12,31 ccm NO	10,25 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	10,47 ccm NO	2,30 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	1,84 ccm NO	18,33	14,95	49,60 / 100	38,84 / 100
5	100 g *Daucus* + 200 ccm ein. 2proz. NH_4NO_3-Lösung	2 Tage	11,95 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	25,59 ccm NO	10,25 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	22,70 ccm NO	1,70 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	2,89 ccm NO	14,23	11,29	36,66 / 100	28,14 / 100
6	100 g *Daucus* + 200 ccm ein. 1 proz. $(NH_4)_2S_2O_3$-Lös.	2 Tage	13,45 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	32,20 ccm $^1/_{100}$ n J	11,30 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	28,50 ccm $^1/_{100}$ n J	2,15 ccm $^1/_{10}$ n NaOH	3,70 ccm $^1/_{100}$ n J	15,99	11,49	42,06 / 100	28,70 / 100
7	375 g *Daucus* + 750 ccm einer 0,08 proz. $CaCl_2$-Lös.	2 Tage	0,0805 g CaO	7,00 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,0602 g CaO	5,60 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,0203 g CaO	1,40 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	25,22	20,00	74,54 / 100	55,26 / 100
		4 Tage	0,0805 g	7,00 ccm	0,0582 g	5,05 ccm	0,0223 g	1,95 ccm	27,70	27,85	84,69 / 100	85,35 / 100

Analysen-Nummer	Versuchsanstellung	Versuchsdauer in Tagen	Gehalt der ursprüngl. Lösung an Kation	Gehalt der ursprüngl. Lösung an Anion	Gefundener Gehalt nach der Versuchsdauer an Kation	Gefundener Gehalt nach der Versuchsdauer an Anion	Differenz zwischen ursprüngl. Gehalt und dem nach der Versuchsdauer gefundenen an Kation	Differenz zwischen ursprüngl. Gehalt und dem nach der Versuchsdauer gefundenen an Anion	Abnahme der Außenlösung in Prozenten Abn. für das Kation	Abnahme der Außenlösung in Prozenten Abn. für das Anion	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung C. V. für das Kation	Konzentrationsverhältnis der Innenlösung z. Außenlösung C. V. für das Anion
8	375 g *Daucus* + 750 ccm einer 0,05proz. Mg_2Cl-Lösung	2 Tage	0,1226 g $Mg_2P_2O_7$	11,10 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,0977 g $Mg_2P_2O_7$	8,80 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,0249 g $Mg_2P_2O_7$	2,30 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	20,31	20,72	56,33 / 100	57,77 / 100
		4 Tage	0,1226 g	11,10 ccm	0,0908 g	7,90 ccm	0,0318 g	3,20 ccm	25,94	28,83	77,41 / 100	89,54 / 100
9	150 g *Daucus* + 300 ccm einer 0,4 proz. $CaCl_2$-Lösung	2 Tage	0,0945 g CaO	13,30 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,0842 g CaO	12,05 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,0103 g CaO	1,25 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	10,90	9,40	27,04 / 100	22,93 / 100
		4 Tage	0,0945 g	13,30 ccm	0,0838 g	11,85 ccm	0,0107 g	1,45 ccm	11,32	10,90	28,22 / 100	27,05 / 100
10	150 g *Daucus* + 300 ccm einer 0,2 proz. $MgCl_2$-Lösung	2 Tage	0,1318 g $Mg_2P_2O_7$	9,60 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,1148 g $Mg_2P_2O_7$	8,50 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,0170 g $Mg_2P_2O_7$	1,10 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	12,90	11,46	32,73 / 100	28,60 / 100
		4 Tage	0,1318 g	9,60 ccm	0,1144 g	8,20 ccm	0,0174 g	1,40 ccm	13,20	14,58	33,62 / 100	37,74 / 100
11	500 g *Daucus* + 1000 ccm einer 0,5 proz. KNO_3-Lösung	2 Tage	0,4374 g K_2SO_4	10,26 ccm NO	0,3592 g K_2SO_4	8,48 ccm NO	0,0782 g K_2SO_4	1,78 ccm NO	17,88	17,35	48,12 / 100	46,39 / 100
		4 Tage	0,4374 g	10,26 ccm	0,3522 g	8,14 ccm	0,0852 g	2,12 ccm	19,48	20,66	53,47 / 100	57,56 / 100
12	500 g *Daucus* + 1000 ccm einer 0,5 proz. $NaNO_3$-Lösung	2 Tage	0,4206 g Na_2SO_4	11,75 ccm NO	0,3198 g Na_2SO_4	10,49 ccm NO	0,1008 g Na_2SO_4	1,26 ccm NO	23,97	10,72	69,67 / 100	26,55 / 100
		4 Tage	0,4206 g	11,75 ccm	0,3146 g	10,16 ccm	0,1060 g	1,59 ccm	25,20	13,53	74,48 / 100	34,59 / 100

Analysen-Nummer	Versuchsanstellung	Versuchsdauer in Tagen	Gehalt der ursprüngl. Lösung an Kation	Gehalt der ursprüngl. Lösung an Anion	Gefundener Gehalt nach der Versuchsdauer an Kation	Gefundener Gehalt nach der Versuchsdauer an Anion	Differenz zwischen ursprüngl. Gehalt und dem nach der Versuchsdauer gefundene an Kation	Differenz zwischen ursprüngl. Gehalt und dem nach der Versuchsdauer gefundene an Anion	Abnahme der Außenlösung in Prozenten Abn. für das Kation	Abnahme der Außenlösung in Prozenten Abn. für das Anion	Konzentrationsverhältnis d. Innenlösung z. Außenlös. C. V. für das Kation	Konzentrationsverhältnis d. Innenlösung z. Außenlös. C. V. für das Anion
13	500 g *Daucus* + 1000 ccm einer 0,5 proz. K_2SO_4-Lös.	2 Tage	0,4970 g K_2SO_4	0,6773 g $BaSO_3$	0,4300 g K_2SO_4	0,6285 g $BaSO_4$	0,0670 g K_2SO_4	0,0488 g $BaSO_4$	13,48	7,21	$\frac{34,44}{100}$	$\frac{17,16}{100}$
		4 Tage	0,4970 g	0,6773 g	0,4205 g	0,6279 g	0,0765 g	0,0494 g	15,39	7,29	$\frac{40,21}{100}$	$\frac{17,39}{100}$
14	500 g *Daucus* + 1000 ccm einer 0,5 proz. Na_2SO_4-Lös.	2 Tage	0,4448 g Na_2SO_4	0,3689 g $BaSO_4$	0,3540 g Na_2SO_4	0,3490 g $BaSO_4$	0,0908 g Na_2SO_4	0,0199 g $BaSO_4$	20,41	5,39	$\frac{56,69}{100}$	$\frac{12,60}{100}$
		4 Tage	0,4448 g	0,3689 g	0,3440 g	0,3393 g	0,1008 g	0,0296 g	22,66	8,02	$\frac{64,77}{100}$	$\frac{19,28}{100}$
15	500 g *Daucus* + 1000 ccm einer 0,5 proz. KCl-Lösung	2 Tage	0,5816 g K_2SO_4	13,45 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,4974 g K_2SO_4	11,90 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,0842 g K_2SO_4	1,55 ccm $^1/_{30}$ n $AgNO_3$	14,48	11,52	$\frac{37,42}{100}$	$\frac{28.79}{100}$
		4 Tage	0,5816 g	13,45 ccm	0,4660 g	11,45 ccm	0,1156 g	2,00 ccm	19,88	14,87	$\frac{54,83}{100}$	$\frac{38,61}{100}$
16	500 g *Daucus* + 1000 ccm einer 0,5 proz. NaCl-Lösung	2 Tage	0,6057 g Na_2SO_4	17,45 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,5107 g Na_2SO_4	15,40 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	0,0950 g Na_2SO_4	1,80 ccm $^1/_{20}$ n $AgNO_3$	15,68	10,47	$\frac{41,11}{100}$	$\frac{25,83}{100}$
		4 Tage	0,6057 g	17,20 ccm	0,4958 g	15,10 ccm	0,1099 g	2,10 ccm	18,14	12,21	$\frac{48,99}{100}$	$\frac{30.74}{100}$

Curriculum vitae.

Am 15. April 1879 wurde ich, Reinhard Moritz Meurer, evangelischer Konfession, als Sohn des verstorbenen Gärtnereibesitzers Reinhard Meurer in Dresden geboren. Meine wissenschaftliche Vorbildung erhielt ich auf der dortigen Realschule, welche ich nach Erlangung des Einjährig-Freiwilligen Zeugnisses Ostern 1896 verließ. Hierauf besuchte ich die Königl. Sächs. Gewerbe-Akademie in Chemnitz, wo ich im Herbst 1899 das Absolutorialzeugnis erlangte. Nach einer vierjährigen praktischen Tätigkeit als Chemiker widmete ich mich zwei Semester chemischen Studien auf der Technischen Hochschule zu Dresden. Alsdann studierte ich Naturwissenschaften an den Universitäten Straßburg, Erlangen und Leipzig. An letztgenannter hörte ich die Vorlesungen der Herren Professoren Beckmann, Credner, Le Blanc, Marx, Miehe, Pfeffer und der Herren Privatdozenten Beck, Böttger, Heller und Nathansohn. Praktisch arbeitete ich im botanischen und im physikalisch-chemischen Institut.